This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

QK
746
F8

UC-NRLF
B 3 888 013

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
Basil Unwin.
Class
BIOLOGY LIBRARY G

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
Basil Unwin.
Class
BIOLOGY LIBRARY G

CULTUR UND CHEMISCHE REIZERSCHEINUNGEN

DER

CHLAMYDOMONAS TINGENS.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

Hohen Philosophischen Facultät der Universität Basel

von

Theodor Frank
aus Mannheim.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CA

Mit einer Tafel.

1904.

F8
BIOLOGY
LIBRARY
G

Vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut der Universität Basel ausgeführt.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. A. Fischer, welcher mir die Anregung zu dieser Arbeit ertheilte und unter dessen Leitung ich dieselbe zum Abschlusse brachte, für seine werthvollen Rathschläge und wirksame Förderung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Zu gleichem Danke sehe ich mich Herrn Privatdocent Dr. G. Senn verpflichtet, welcher mir ebenfalls durch seine Rathschläge zur Seite stand.

Seinem lieben Onkel

Herrn

Landgerichtsrath Theodor Singer

in Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

155505

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Cultur und chemische Reizerscheinungen der Chlamydomonas tingens.

Von

Theodor Frank.

Hierzu 1 Tafel.

Einleitung.

Morphologie und Systematik.

Bei meinen Arbeiten im Laboratorium stiess ich zufällig auf eine einzellige grüne Alge, welche plötzlich in grosser Menge in anderem Algenmateriale auftrat. Ich isolirte diesen Organismus und versuchte ihn in Nährlösung zu züchten. In der hierzu benützten Knop'schen Nährflüssigkeit gedieh die Alge recht gut, sodass mir bald Reinculturen dieser Form zur Verfügung standen.

Anfänglich hielt ich die Alge, da sie mir nur in unbeweglicher Form zu Gesicht kam, für eine Protococcoidee. Die nähere Untersuchung jedoch, gestützt auf das Vorhandensein eines becherförmigen Chromatophors mit axial gelegenem Pyrenoide am Hinterende, dem Hautwärzchen am Vorderende und die stete Längstheilung des Organismus wiesen doch mehr auf eine *Chlamydomonas* hin.

Zur genaueren Bestimmung schickte ich sie Herrn Prof. Schmidle ein, für dessen Bemühungen in dieser Hinsicht ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Nach seinem Dafürhalten konnten auf Grund der Thatsache, dass den Individuen das Stigma fehlte, nur vier Formen der reichhaltigen *Chlamydomonas*-Gattung in Betracht kommen und zwar die Formen: 1. *Chlamydomonas tingens* A. Braun, 2. *Chlamydomonas conica* Dang., 3. *Chlamydomonas muscicola* Schmidle, 4. *Chlamydomonas Holderi* Schmidle. Dass *Chlamydomonas conica* nicht vorlag, dafür zeugte schon auf den ersten Blick die ganz anders geartete Gestalt und die stets constant bleibende Längstheilung meiner Alge (vergl. Wille I. S. 137, Tafel IV). Sie mit *Chlamydomonas muscicola* Schmidle oder *Holderi* Schmidle zu identificiren, ist nach Schmidle's Ansicht selbst ausgeschlossen. Allerdings steht sie letztgenannter Form nach dessen Dafürhalten recht nahe, doch fehlt jener die schlanke, schmale und lange Zellform der beweglichen Individuen. Somit bliebe von den bis jetzt bekannten Arten ohne Stigma nur die zuerst angeführte *Chlamydomonas tingens* A. Braun übrig, eine bis dahin noch sehr ungenau definirte Art.

Letzterer Umstand veranlasste mich, die morphologischen Verhältnisse dieses Organismus näher zu untersuchen, worüber zunächst berichtet werden soll.

Die Form von *Chlamydomonas tingens* ist, von der Seite betrachtet, länglich, eiförmig bis rundlich, von oben gesehen, kreisrund. Die meist vorkommenden länglichen Zellen sind gegen das vordere Ende etwas schmäler, während das gegenüberliegende, in dessen Nähe das Pyrenoid sich befindet, um weniges breiter erscheint. Die Zellen selbst sind bald einzeln, bald zu Zellcomplexen von zwei oder mehreren, die von gemeinsamer Muttermembran umschlossen sind, vereinigt (Fig. 1—6). Form wie Grösse sind Schwankungen unterworfen (10—23 μ).

Das Chromatophor besitzt die Gestalt eines Bechers, dessen Boden stark verdickt ist, und liegt mantelförmig, den inneren Zellhohlraum umschliessend, der Protoplasmaauskleidung der Zellmembran dicht an. Das untere dicke Ende des Chromatophors ist völlig geschlossen, während der gegenüberliegende offen, und von oben gesehen, einen durch Ausschnitte unterbrochenen Rand erkennen lässt. Im optischen Längsschnitt betrachtet, bemerkt man an dem Chromatophor einen flaschenähnlichen Ausschnitt (Fig. 1 – 3), der namentlich bei den auf festem Substrate gezogenen Zellen deutlich hervortritt. Die Contouren des Ausschnittes sind unregelmässig gewellt. Er selbst reicht nicht immer gleichtief der Längsrichtung nach in das Chromatophor hinein.

Bei mangelhaft ernährten Zellen sowohl, wie auch bei ganz jungen Individuen ist das Chromatophor oft nicht so regelmässig; es ist kleiner, schwächer gewölbt und reicht nicht bis zum oberen Ende der Zellen hinan (Fig. 6). In gut ernährten, nicht zu alten Zellen jedoch füllt es fast völlig die Zelle aus, und somit ist auch seine Grösse von der Eigengrösse der Zelle bestimmt.

Das Innere des Bechers ist mit farblosem Zellsaft erfüllt. Der Zellkern liegt in ihm schwer sichtbar eingebettet, lässt sich aber leicht durch Hämatoxylinfärbung oder jodhaltige Eosinlösung verdeutlichen. Er ist meistens im hinteren Theil des Körpers gelegen, rückt jedoch bisweilen mehr nach vorn (Fig. 2).

Dem Chromatophor und zwar in seinem dickeren unteren Theil ist ein Pyrenoid eingelagert. Jede Zelle zeigt deutlich einen solchen rundlicheckigen, etwa 2—4 μ grossen Amylonkern, welcher in älteren Zellen von plattenförmigen, durch Zwischenräume getrennten Stärkestücken umrahmt ist (Fig. 5). Die dem Zellinhalte dicht anliegende Membran umgiebt in gleichmässiger Dicke den Protoplasten und trägt am Vorderende ein, bei starker Vergrösserung und Anwendung eines Tinctionsmittels, wie Gentianaviolett oder Methylenblan, sichtbares halbsphäroidales Hautwärzchen. Ihre Dicke ist mehr oder weniger von den äusseren Einflüssen und Culturbedingungen abhängig. So erscheint sie bei jungen Zellen, die in verdünnteren Nährlösungen herangewachsen sind, zart und dünn, dass sie gerade noch als Doppellinie erkannt werden kann. Ihre Dicke und Quellungsvermögen nimmt jedoch mit dem Alter und namentlich bei solchen Zellen zu, welche auf festem Nährsubstrate, wie Lehm oder Agar, gezüchtet wurden. Oftmals quillt sie so stark auf, dass sie eine 2—3fache Schichtung erkennen lässt (Fig. 3—4). Cellulose war nicht nachzuweisen, auch Reaction auf Pectinstoffe oder Eiweisskörper ergaben keine bestimmten Resultate. Methylenblau, Gentianaviolett und gerbsaures Vesuvin färbten die Membran intensiv. Diese Färbungen und die starke Quellung der Membran in Kalilauge lassen aber darauf schliessen, dass man es mit Gallertsubstanzen zu thun hat; ob dieselben jedoch callöser oder pectinöser Natur sind, zeigten meine Untersuchungen mit Sicherheit nicht an.

Die vegetative Vermehrung von *Chlamydomonas tingens* erfolgt durch succedane Längstheilung mit mehr oder weniger zur Längsaxe der Zelle schief gerichteten Wänden. Ein-

geleitet wird sie dadurch, dass das sonst gut sichtbare Pyrenoid undeutlich wird und zuletzt ganz verschwindet. Alsdann beginnt der Protoplast sich an zwei Stellen, den Polen der longitudinalen Theilungsfurche, etwas von der Membran abzulösen. Die anfangs zarte Furche wird stetig tiefer und breiter, sodass nach Verlauf von etwa 50 Minuten der Zellinhalt in zwei gleich grosse und gleichwerthige Theilungsstücke völlig durchschnürt ist. Die Theilungsstücke runden sich nun allmählich ab und umgeben sich mit einer dünnen, stark lichtbrechenden Membran. In jeder so entstandenen Tochterzelle erscheint hierauf das Pyrenoid wieder und zwar dicht an der neu gebildeten Theilungswand einander gegenüber gelagert.

In den meisten Fällen tritt nach der ersten Durchschnürung der Mutterzelle gleich eine zweite ein; auch hier ist die Theilungsebene mehr oder weniger schief zur Längsaxe der Mutterzelle gerichtet und schneidet sich mit der ersten Theilungsebene zumeist spitzwinklig. Auf solche Weise können nach einiger Zeit 2—4—8—16 Tochterzellen innerhalb der Mutterhülle gebildet werden, die je nach den vorliegenden physiologischen Verhältnissen als unbewegliche Individuen von der Mutterzellmembran umschlossen bleiben und dort weitere Theilungen erfahren können, oder als bewegliche Individuen jene sprengen und ausschwärmen.

Die Theilungen der innerhalb der Mutterzelle gelegenen Individuen erfolgen nicht immer gleichzeitig oder direct hinter einander, sodass man mitunter auch drei Zellen innerhalb der Mutterhülle antreffen kann. Die Anordnung der Tochterzellen in der Mutterhülle ist eine wenig regelmässige und richtet sich nach der Zahl der gebildeten Theilungsproducte.

Was die Theilungsrichtung anbetrifft, so vermochte ich bei dieser *Chlamydomonas*-Art stets nur Längstheilung festzustellen. Allerdings trifft man öfters auch Exemplare an, bei welchen die Theilungsaxe senkrecht zur Längsrichtung der Mutterzelle zu liegen scheint. Solche Zustände sind aber erst secundär nach vollzogener Längstheilung durch nachträgliche Drehung der Tochterzellen um 90° entstanden.

Wie schon im Vorangehenden kurz erwähnt, ist *Chlamydomonas tingens* je nach den obwaltenden physiologischen Verhältnissen im Stande, entweder unbewegliche Individuen oder mit Cilien versehene bewegliche Schwärmzellen als Theilungsproducte zu erzeugen.

Unter diesen beweglichen Zellen lassen sich je nach der Zeit und Art ihrer Entstehung zwei Formen unterscheiden, einmal solche, welche durch eine direct vorhergegangene Theilung der Mutterzellen entstanden und sofort frei geworden sind, und andere, die zunächst als unbewegliche Zellen in der Mutterhülle noch lange Zeit verharren, dort völlig auswachsen und erst später infolge physiologischer Einflüsse durch Ausstülpung von Cilien, secundär gewissermaassen zu beweglichen Individuen geworden sind. Auch morphologisch unterscheiden sich diese beiden Schwärmer.

Erstere Art, die ich als die primären bezeichnen will (Fig. 5), zeichnet sich von jenen secundären (Fig. 6) durch eine langgestrecktere, elliptische, manchmal fast lineare Gestalt aus. An Länge wie an Breite stehen sie hinter den anderen zurück. Sie sind mit einer zarten, dünnen, dem Zellinhalte eng anliegenden Membran umgeben, welche nach Färbung mit Methylenblau noch deutlicher hervortritt (Fig. 6).

Ihr Zellinhalt gleicht dem der ausgewachsenen *Chlamydomonas*zelle, vermehrt um die Bewegungsorgane, die paarweise am Vorderende befestigt sind. An der Basis dieser Cilien, die etwa so lang sind, wie der Zellkörper breit, befinden sich zwei rhythmisch pulsirende Vacuolen.

Ein Stigma vermochte ich nicht wahrzunehmen.

Manchmal zwar glaubte ich in der Nähe der Vacuole bei schräg von oben auffallendem Lichte einen röthlichen Punkt wahrzunehmen, was leicht den Beobachter auf ein Vorhandensein

eines Stigmas hinweisen konnte. Bei genauer Untersuchung, verschiedener Beleuchtung und Einstellung jedoch wird man gewahr, dass es sich hier um keinen Augenfleck handelt, sondern dass diese Täuschung durch eine infolge der Lichtbrechung röthlich erscheinende Vacuole hervorgerufen wird.

In der zweiten Art der beweglichen Zellen, »den secundären«, haben wir das vollständige Bild einer fertig ausgewachsenen, wohl ausgebildeten *Chlamydomonas*zelle vor uns (Fig. 5), deren ziemlich kräftige und stark lichtbrechende Membran für das Alter der Individuen zeugt. Diese starke aber ungeschichtete Membran wird bei manchen Individuen dadurch noch deutlicher, dass der Protoplast sich an einigen Stellen von der Zellmembran zurückgezogen hat (Fig. 5). Dieser Umstand ermöglicht zuweilen eine gute Beobachtung der Insertionsart der beiden Cilien (Fig. 5). Diese entspringen am vorderen Theile des sich nach den Hautwärzchen hin zuspitzenden Protoplasten dicht neben einander. Sie durchbrechen die Zellmembran und ragen zu beiden Seiten des Hautwärzchens über dieses weit hinaus. Am Grunde der Insertionsstelle sind die Vacuolen gelegen.

Der Austritt beider Arten von Schwärmzellen aus der gemeinsamen Mutterhülle erfolgt in der Weise, dass dieselbe zu quellen beginnt und schliesslich mit einem plötzlichen Ruck gesprengt wird. Schon vor dem Zerreissen kann man öfters zuckende Bewegungen der Individuen noch innerhalb der Mutterhülle wahrnehmen. Ein sofortiger, gemeinsamer Austritt der gebildeten Schwärmzellen erfolgt nicht, da dieselben zumeist noch durch ihre Cilien verwickelt, zusammenhängen und es mehr oder minder langer Zerrungen bedarf, bis sie sich von einander loszumachen vermögen, um dann einzeln fortschwärmen zu können.

Die Schwärmzeit selbst ist ungleich gross, sie hängt von der Beleuchtungsintensität und auch Nahrungsanhäufung ab.

Verfolgen wir nun die im Lichte zur Ruhe gelangten schwärmenden Zellen, so beobachtet man, dass dieselben in Hängetropfenculturen dicht zusammengedrängt am Rande der Culturflüssigkeit gleich orientirt, d. h. die Cilien stets starr mehr oder weniger divergirend nach dem Licht gerichtet, liegen.

Ein plötzliches Einziehen oder Abwerfen der Cilien geschieht nicht, sie verschwinden vielmehr allmählich, manchmal erst nach langer Zeit, sodass sich oftmals die Zelle bereits wieder getheilt haben kann und die Geisseln noch immer deutlich sichtbar sind. Die jungen, langgestreckten Zellen nehmen alsdann an Rundung zu, werden breiter und länger und erreichen allmählich unter Ausbildung ihrer Zellorgane die Gestalt einer ausgewachsenen *Chlamydomonas*zelle. Die secundären Schwärmzellen, welche während ihrer Schwärmzeit den Protoplasten an einer oder mehreren Stellen von der Zellmembran zurückgezogen hatten, legen ihn wieder an die Membran an und erlangen somit ihr ursprüngliches Aussehen. Nun erfolgen nach längerer oder kürzerer Zeit wieder neue Zelltheilungen.

Es bleibt nunmehr noch eine kurze morphologische Betrachtung der Ruhe- oder Dauerzustände der Akineten dieser Alge übrig (Fig. 7, 8). Es sei hier gleich bemerkt, dass diese *Chlamydomonas*-Art im Allgemeinen wenig dazu neigt, solche Dauerstadien zu bilden, was auf ihre bescheidenen Nahrungsansprüche und lebhafte Fortpflanzungsweise zurückzuführen ist. Selbst in sehr alten Culturen finden sie sich nur sehr vereinzelt vor. Durch Aushungern, vereint mit Feuchtigkeitsentzug jedoch sind Akineten zu erhalten.

Was ihre Gestalt anbetrifft, so unterscheiden sie sich von der gewöhnlichen Zelle merklich durch ihre Grösse und Annahme einer rundlichen Form. Die Membran ist aufgequollen und mehr oder weniger geschichtet. Der Protoplast hat sich zumeist entweder in die Mitte oder nach irgend einer Seite hin an den Rand der Zellmembranen zurückgezogen. Die anfänglich schön saftig grüne Färbung des Zellinhaltes geht in eine dunkelgrüne, selten

in eine röthliche über. Zugleich treten stark lichtbrechende Körner von ziemlicher Grösse auf, die zuletzt die ganze kugelige Zelle erfüllen. Die Körner lassen sich durch Bräunung mittelst Osmiumsäure und durch Lösungsmittel in Aether, Chloroform als Oeltröpfchen leicht erkennen. Bei solchen Zellen ist weder das Pyrenoid, noch die charakteristische Form des Chromatophors mehr sichtbar.

Sobald sich aber die physiologischen Verhältnisse etwas günstiger gestaltet haben, geben die Zellen diesen Zustand auf und beginnen zu keimen. Eine Ruheperiode von bestimmter Zeit ist nicht erforderlich. Sie beginnen wieder lebhafter grün zu werden und in Theilung überzugehen. Als Endproducte dieser Theilungen können auch hier wieder, wie bei der vegetativen Zelle, je nach den vorliegenden Verhältnissen entweder unbewegliche oder bewegliche Individuen entstehen. Die entstandenen Theilungsproducte sind meist noch mit vielen Oeltropfen vollgestopft und es bedarf oft zweier Generationen, bis die Zellen durch Rückumwandlung der Oeltropfen in Stärke ihr früheres Aussehen erlangt haben.

Braun's (I, S. 230) erste Angaben über *Chlamydomonas tingens* stimmen in morphologischer Hinsicht mit den an meiner Form gemachten Beobachtungen in Gestalt und Grösse der Zelle, Form des Chromatophors, Zahl und Lage des Pyrenoides und Theilungsart völlig überein. Einige Unterschiede sind nur in entwickelungsgeschichtlicher Beziehung zu erwähnen. Diesen jedoch darf man im vorliegendem Falle keinen allzu grossen Werth beimessen, schon allein aus dem Grunde, weil das Untersuchungsmaterial Braun's von dem meinigen in gewisser Beziehung verschieden war. Jener machte seine Beobachtungen an Material, wie er es gerade im Freien vorfand. Es kann infolgedessen bei der Kleinheit der Organismen leicht eine Verwechslung mit einer ähnlichen *Chlamydomonas*-Species unterlaufen sein. Meine Beobachtungen hingegen wurden ausschliesslich an Reinculturen unternommen, sodass eine Verwechslung mit anderen *Chlamydomonas*-Formen ausgeschlossen war.

So giebt Braun in seiner Beschreibung an, dass er ausser einer Fortpflanzung durch Makrogonidien auch eine solche durch kleinere Mikrogonidien wahrgenommen habe. Letztere würden somit wahrscheinlich den geschlechtlichen Gameten anderer *Chlamydomonas*-Formen entsprechen (Klebs IV, S. 429). Bestimmt ist es jedoch nicht ersichtlich, da jegliche Angaben über Copulationsvorgänge fehlen.

Diesen Beobachtungen Braun's in physiologischer Beziehung stelle ich die meinigen gegenüber. Auch ich erhielt bei Cultur dieser Chlamydomonade bezüglich ihrer Grösse und Breite verschiedene bewegliche Individuen. Die grösseren gingen, wie aus dem folgenden Theile dieser Arbeit ersichtlich, aus ausgewachsenen Zellen ohne vorhergegangene Theilung derselben durch besondere Reizwirkungen, die kleineren jedoch durch direct vorher erfolgte Theilungen einer Mutterzelle hervor. Beide Formen aber zeigten stets das gleiche physiologische Verhalten, bei keiner Art konnten Copulationsvorgänge wahrgenommen werden, sodass die kleinen Individuen als gleichwerthige, nur jüngere Schwärmzellen aufzufassen sind. Ich möchte zwar nicht direct behaupten, dass eine geschlechtliche Vermehrungsart bei dieser Form ausgeschlossen sei, schon aus dem Umstande, weil es mir leider nicht möglich war, gleich Braun, diese Alge am Materiale im Freien zu beobachten. Dazu kommt noch, dass die Culturbedingungen, wie Klebs und andere Forscher schon bewiesen haben, einen grossen Einfluss auf die Fortpflanzungsart ausüben, und ich die Alge nur in Zimmerculturen verfolgen konnte. Zwar muss ich auch hier wieder anführen, dass es mir trotz häufiger Versuche nicht gelungen ist, wie Klebs mit *Chlamydomonas media* und anderen Algenformen durch die von ihm angegebenen, und bei jenen Formen nicht versagenden Mittel die geschlechtliche Fortpflanzung der *Chlamydomonas tingens* zu erzielen (vergl. Klebs IV, S. 429).

Als weitere Complication bezüglich der Fortpflanzungsart ist noch in Betracht zu ziehen, dass die *Chlamydomonas*-Arten, wie bekannt, leicht geneigt sind, bei ihrer Cultur in palmellaartigen Zustand überzutreten. Diese Thatsache stellte schon Cienkowsky bei einigen *Chlamydomonas*-Formen fest und wird von Goroschankin für *Chlamydomonas Braunii* ebenfalls bestätigt. So beschreibt Cienkowsky (I, S. 21) für *Chlamydomonas pulvisculus* einen derartigen Palmellazustand, auf Grund dessen die *Chlamydomonas* nunmehr eine andere Vermehrungsart, eine rein vegetative, zeigte. »Ist derselbe einmal eingetreten,« so sagt er weiter, »so dauert er auch ununterbrochen fort.« Aehnliche Verhältnisse weiss Goroschankin für *Chlamydomonas Braunii* anzugeben.

Auch er machte die Beobachtung, dass nach dem zweiten und dritten Tage bereits das eingebrachte Material bedeutend weniger bewegliche Individuen zeigte und statt dessen die Zahl der unbeweglichen und die Bildung vierfacher Complexe überhandnahm. Dies währte fort, und es entstanden durch weitere Theilungen immer mehr solcher Complexe. Das Versetzen dieser palmellaartigen Kügelchen in frisches Wasser ergab nun wieder bewegliche, mit pulsirenden Vacuolen ausgestattete Individuen, die aber nur eine kurze Schwärmzeit zeigten und bald wieder in den palmellaartigen Zustand übergingen. Bei keiner der einmal in Palmella-Zustand übergetretenen *Chlamydomonas*-Arten sind jedoch bis jetzt geschlechtliche Vorgänge der beweglichen Individuen bemerkt worden, vielmehr die Tendenz der Schwärmer, möglichst rasch wieder den ruhenden, vegetativen Zustand aufzunehmen. Gestützt auf diese Thatsachen, glaube ich mir auch das Ausbleiben der geschlechtlichen Vermehrungsart meiner *Chlamydomonas tingens* deuten zu können.

Da ich nun einmal mein Beobachtungsmaterial in Form von Reinculturen durch Isolation einzelner, schon unbeweglicher Zellen durch Züchtung in Knop'scher Nährlösung erhalten habe und andermals das Darbieten reichlicher anorganischer Nährstoffe, wie Klebs bei verschiedenen Algenformen bewiesen hat, schon ohnehin der geschlechtlichen Fortpflanzung entgegenstrebt, so liegt der Gedanke nahe, dass durch diese Behandlungsweise die *Chlamydomonas* gleich anfangs in einen ähnlichen Zustand übergetreten ist und, ihn einmal aufgenommen, auch beibehalten hat. Dass bei *Chlamydomonas tingens* in diesem Zustande keine so grossen Zellcomplexe entstehen, wie bei anderen *Chlamydomonas*-Formen, erklärt sich wohl in der geringeren Quellbarkeit und Elasticität der Zellmembran, die bei einer gewissen Spannung reisst und die ausgewachsenen Individuen freilässt.

Ich glaube daher, bei der Bestimmung meiner Formen das Hauptgewicht auf die bestehenden morphologischen Verhältnisse legen zu können, die ja stets constant und übereinstimmend sich zeigten, gegenüber der variablen, schon durch geringe physiologische Einflüsse veränderlichen Fortpflanzungsarten. Infolgedessen sehe ich mich berechtigt, meine Chlamydomonade, wie es auch Schmidle's Ansicht ist, »*Chlamydomonas tingens*« zu nennen.

Auf Grund dieser Ausführungen wende ich mich nunmehr gegen eine Ansicht Wille's, welche dieser in seiner kürzlich erschienenen Arbeit (Wille I) äussert. Er führt am Schlusse seiner Besprechung über die Gattung *Chlamydomonas* eine Reihe von Formen dieser Art an, die nach seinem Dafürhalten mit Sicherheit nicht als selbstständige Formen zu betrachten seien und infolgedessen wegfallen müssten. Unter diese verurtheilten Formen zählt er auch *Chlamydomonas tingens* A. Braun (I, S. 230). »Nach der gegebenen Beschreibung,« so schreibt er, »ist es jetzt unmöglich, diese Art identificiren zu können. Wenn A. Braun (l. c.) angiebt, dass sie »gleichfalls ohne rothen Punkt« sei, so ist darauf kaum viel Gewicht zu legen, da ein schwach hervortretendes Stigma bei kleinen *Chlamydomonas*-Arten mit den damaligen Vergrösserungen — selbst vom schärfsten Beobachter — schwerlich gesehen werden konnte. Die von Francé (System einiger Chlamydomonaden, Taf. IV,

Fig. 4) unter diesem Namen abgebildete Form, die ein sehr deutliches Stigma hat, lässt sich kaum mit *Chlamydomonas tingens* A. Braun identificiren, sondern dürfte eher zu *Chlamydomonas Ehrenbergii* Goroschankin gerechnet werden können.«

Dieser Ansicht Wille's kann ich mich nicht anschliessen, sondern halte auf Grund meiner Untersuchungen *Chlamydomonas tingens* als selbstständige Form für berechtigt. Im Uebrigen aber stimme ich der Anschauung Wille's, dass die von Francé (I, p. 278) unter dem Namen *Chlamydomonas tingens* abgebildete Form, welche ein sehr deutliches Stigma aufweist, sich kaum mit *Chlamydomonas tingens* A. Braun identificiren lässt, nicht nur bei, sondern ergänze sie noch dahin, dass eine Identität derselben mit jener völlig ausgeschlossen ist.

Dafür zeugt einmal ausser dem Fehlen des Stigmas das Vorhandensein eines Hautwärzchens am Vorderende, andermals wieder die am vorderen Theile befindliche farblose Stelle, welche die Form eines Ausschnittes zeigt (Braun I, S. 230) und sich nach dem Hautwärzchen hin zuspitzt. Ebenso fehlt der von Francé als *Chlamydomonas tingens* bezeichneten Form die charakteristische, durch einen flaschenförmigen Ausschnitt gekennzeichnete Chromatophorengestalt.

Nach Wille's Vorschlag könnte man eher die von Francé unter diesem Namen beschriebene *Chlamydomonas tingens* zu *Chlamydomonas Ehrenbergii* rechnen. Aber auch hier müsste man sich zuvor auf Francé's weitherzigen Standpunkt stellen und gleich ihm keine Rücksicht auf die gegenseitige Lage von Kern und Pyrenoiden, ihre Anzahl oder auf die Lage und Form der Stigmata nehmen.

Auf die Diagnosen endlich, welche andere Autoren, wie Rabenhorst (I, 3, S. 95), Kirchner (I, S. 92), Wolle (I, S. 167) bezüglich der Form *Chlamydomonas tingens* stellten, näher einzugehen, halte ich für zwecklos, da dieselben nicht ausführlich genug sind.

Ich zögere aber auf Grund meiner Untersuchungen nicht, die von mir beobachtete Form mit der von A. Braun als *Chlamydomonas tingens* beschriebene identisch zu erklären und sie als solche von Neuem aufleben zu lassen.

Physiologie.

Cultur. — Einfluss von Nährlösungen.

Nach dem heutigen Stand der Wissenschaft ist zur genauen Beurtheilung und Festlegung der morphologischen und physiologischen Verhältnisse einer Alge eine Beobachtung des betreffenden Organismus an Reinculturen unumgänglich erforderlich. Ich stellte mir dieselben mit Hülfe der Agarmethode und durch Isolation einzelner Zellen her. Als Culturflüssigkeit benützte ich die von Klebs bei verschiedenen anderen Algen oftmals mit gutem Erfolge angewandte Nährlösung nach Knop, welche sich aus 4 Theilen salpetersaurem Calcium und je 1 Theil salpetersaurem Kalium, schwefelsaurem Magnesium, primärem phosphorsauren Kalium und einer Spur Eisensulfat zusammensetzt. In dieser Zusammensetzung und mit destillirtem Wasser erstellt, reagirt die Nährlösung schwach sauer. Der Gehalt an freier Säure, der durch das primäre Kaliumphosphat bedingt ist, entspricht, wie titrimetrisch festgestellt wurde, etwa 0,033 % freier Phosphorsäure.

Angegebene Nährlösung erwies sich für die Chlamydomonade als recht gute Culturflüssigkeit. Sie gelangte in Concentrationen von 0,05—3 % zur Anwendung. Im Allgemeinen vermochten die verschiedenen Concentrationen keinen wesentlichen Einfluss auf die morphologischen Verhältnisse dieser Alge auszuüben. Höhere Concentrationen bewirkten meist nur eine Vergrösserung der Individuen und eine Verdickung bezw. Quellung der Membran neben einer erhöhten Ansammlung von Stromastärke im Zellinnern, infolgedessen die Individuen grobkörniger und dunkler grün gefärbt erscheinen. Gestaltsveränderungen oder Verlagerungen und Vermehrung von Zellorganen, wie sie z. B. von Dill in Form einer Vermehrung der Pyrenoide bei *Chlamydomonas longistigma* beobachtet wurden, traten durch höhere Concentrationen weder bei den einzelnen Individuen noch Zellcomplexen ein.

Nachstehende Tabellen lassen die Grössenverhältnisse bei verschiedenen Culturbedingungen erkennen, die Zahlen stellen die Durchschnittswerthe aus je 35 Einzelmessungen dar.

A. In Nährsalzlösungen (Knop).

1. Länge der Zelle.

Concentration der Nährlösung	Minimum	Mittel	Maximum
0,2%	10,0 μ	14,1 μ	16,5 μ
1,0%	13,3 »	15,0 »	20,0 »
2,0%	13,3 »	15,3 »	18,3 »
2,5%	15,0 »	18,1 »	23,3 »

2. Breite der Zelle.

Concentration der Nährlösung	Minimum	Mittel	Maximum
0,2%	6,6 μ	8,7 μ	13,0 μ
1,0%	10,0 »	12,2 »	15,0 »
2,0%	11,6 »	13,0 »	16,5 »
2,5%	16,5 »	17,6 »	21,6 »

B. Auf festem Nährsubstrate.

(Lehm, Agar.)

	Minimum	Mittel	Maximum
1. Länge	11,6 μ	13,9 μ	16,5 μ
2. Breite	6,6 »	11,0 »	15,5 »

Somit zeigen die kleinsten aus Culturflüssigkeiten stammenden Zellen eine Länge von 10 μ und eine Breite von 6,6 μ. Als grösste Zellen fand ich solche von 23 μ Länge und 21,6 μ Breite vor. Als Durchschnittsgrösse ist schliesslich eine Länge von 18 μ und Breite von 14 μ anzugeben.

Aehnlichen Schwankungen hinsichtlich ihrer Grössenverhältnisse sind, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, auch die auf festem Substrat, wie Lehm und Agar gezüchteten Zellen, unterworfen.

Die Vermehrung der Alge in dieser Nährlösung ist im Allgemeinen keine besonders rasche zu nennen. Selbst auch in der günstigsten, hellsten Jahreszeit bedurfte es etwa vier Wochen, bis eine Cultur von 25 ccm Flüssigkeit schön grün gefärbt erschien. Auf die Geschwindigkeit des Wachsthums jedoch übte die Concentration der Nährlösung einen gewissen Einfluss aus. Je verdünnter die Nährlösung war, um so schneller ging auch das Wachsthum von statten.

Anfänglich vermehrte sich *Chlamydomonas tingens* in dieser Culturflüssigkeit durch Erzeugung beweglicher Individuen. Namentlich in niederen Concentrationen, von 0,05 bis 0,20 % etwa, dauert diese Vermehrungsart längere Zeit fort. Mit steigender Concentration und zunehmendem Alter der Cultur aber wird diese Fortpflanzungsart bald sistirt und macht einer durch unbewegliche Zellen erfolgenden Vermehrung Platz. So sind in Culturen von niederem Nährstoffgehalte stets zahlreiche Schwärmzellen vorhanden, während in 1 % und höheren concentrirten Lösungen schwärmende Individuen nur höchst vereinzelt oder überhaupt nicht mehr angetroffen werden. Die Zellen haben sich auf den Boden des Culturgefässes gesetzt und vermehren sich dort durch Erzeugung unbeweglicher Theilungsproducte weiter. Dies lässt sich schon äusserlich mit blossem Auge an dem verschieden starken grünen Bodensatz bei den in Vergleich gezogenen Culturen erkennen. In Nährlösungen von 2—2,5—3 % wächst die Alge allerdings noch, aber langsamer. Ein directes Ueberführen der Individuen aus bedeutend niederen Concentrationen in so hohe hat aber den Tod der Zellen zur Folge, es ist nothwendig, durch allmähliche Steigerung des Nährstoffgehaltes sie erst an so hohe Concentrationen zu gewöhnen. Ueber 3 % hinauszugehen ist zwecklos, da derartig concentrirte Lösungen alsbald einen Theil ihres Salzgehaltes durch Auskrystallisiren ausscheiden, und somit die überstehende Flüssigkeit nicht mehr ein Maass ihres Salzgehaltes zulässt.

Die schwachsaure Reaction der ursprünglichen Nährflüssigkeit veranlasste mich zu einer Anzahl Parallelversuchen, die mir für meine Chlamydomonade einigen Aufschluss über die günstigste Reaction der Nährflüssigkeit geben sollten. Ich stellte mir eine Nährlösung von mittlerer Concentration, 0,25 % her und füllte je 25 ccm dieser in kleine Erlenmeyerkölbchen ab. Einen Theil derselben neutralisirte ich, einen anderen Theil versetzte ich mit 0,05 % Salpetersäure, wieder andere mit 0,05 % Phosphorsäure, dem Rest schliesslich gab ich 0,05 % Kalilauge zu. Das Resultat war folgendes: Die mit 0,05 % Salpetersäure versetzten Culturen wuchsen überhaupt nicht an, während die 0,05 % Phosphorsäure enthaltenden erst nach längerer Zeit eine mässige Entwickelung zeigten. Die Zellen dieser Culturen liessen zwar nichts Anormales erkennen und machten auch keinen krankhaften Eindruck, sondern zeigten dieselbe lebhafte, grüne Färbung, wie die in gewöhnlicher Nährlösung gezüchteten Exemplare; der Säuregehalt hemmte nur die Schnelligkeit der Vermehrung. Die neutralen und alkalischen Nährlösungen dagegen verriethen keine Hemmungserscheinungen bezüglich der Schnelligkeit des Wachsthums, sie hielten gleichen Schritt mit der normalen Nährlösung und zeigten gleich üppiges Wachsthum.

Die wiederholt unternommenen Versuche, diesen Organismus auch in kalkfreien Nährlösungen zu cultiviren, blieben erfolglos. Trotz mehrmaligem Impfen der Culturen mit frischem Materiale wuchs keine derselben an. Calcium erwies sich als unumgänglicher Nahrungsstoff.

Uebrigens überraschte dieses Verhalten des Organismus insofern nicht, da ja als Fundorte dieser Alge die kalkreichen Abhänge des südlichen Schwarzwaldes anzusehen sind.

Meine weiteren Versuche waren dahin gerichtet, die Alge auf festem Substrat zu züchten. Als solches benützte ich Lehm, Agar und mit Nährlösung getränkte Thonplättchen. Die Alge gedieh namentlich auf Lehm vortrefflich. Nach mehreren Wochen bereits war der Lehm grün überzogen, der Ueberzug wurde immer intensiver und stärker und erreichte schliesslich die Dicke von 1 mm und darüber. Die Zellen selbst waren im Vergleich zu den in Flüssigkeit gezogenen etwas dunkler gefärbt und erschienen körniger. Fast sämmtliche ältere Individuen zeigten eine stark verdickte Membran. Die so gequollenen Zellhüllen liessen stets zwei, drei bis mehrere Schichtungen erkennen. Sie bewahrten jedoch ihre relativ feste Consistenz und flossen nicht etwa wie *Tetraspora* bei Berührung mit anderen Individuen mit deren Zellhüllen zusammen. Es lässt sich in dieser Quellung der Membran physiologisch wohl ein Schutzmittel gegen eigene Transpiration und infolge ihres gallertartigen Charakters ein Mittel zum Festhalten der Luftfeuchtigkeit erblicken. Ein Vorwiegen der Zellcomplexe gegenüber den einzelnen Individuen war nicht festzustellen.

Die gleich Bacterienculturen in Reagensgläsern auf Agar gezüchteten Individuen zeigten dasselbe Verhalten wie die auf Lehm cultivirten Zellen. Die Vermehrung der Chlamydomonade bei Cultur auf festem Substrate geht stets durch Erzeugung unbeweglicher Tochterzellen vor sich, welche oft noch lange Zeit hindurch in der Mutterhülle verharren, dort heranwachsen und erst spät durch Reissen der Mutterhüllen von einander getrennt werden. Bei einer derartigen Culturweise vermag somit die Alge gänzlich ihre beweglichen Formen auszuschalten.

All meine Versuche mit organischer Nährlösung scheiterten leider an dem Umstande, dass es mir bis jetzt noch nicht gelungen ist, bacterienfreie Culturen zu erhalten. Das langsame Wachsthum der Alge in Agargüssen und ihre Empfindlichkeit gegen Säuren erschweren dieses Ziel ungemein.

Es ist somit aus Vorhergehendem ersichtlich, dass die Chlamydomonade sich rein autotroph ernähren lässt. Bei dieser Ernährungsart tritt sie uns jedoch als ein den grössten Theil ihres Lebens unbeweglicher Organismus mit ungeschlechtlicher Vermehrungsform entgegen. Die Beweglichkeit der Individuen selbst und der Fortpflanzungsproducte wird aber, wie es scheint, nur sistirt, sie kann durch Ausschaltung der hemmenden Factoren bei allen noch intacten Individuen aus Flüssigkeits- wie Luftculturen jederzeit durch geeignete Behandlungsweise wieder hervorgerufen werden.

Ein folgendes Kapitel wird die Bedingungen hierfür ausführlich behandeln.

Verhalten der schwärmenden Individuen im Lichte und im Dunkeln.

Das Zimmer, in welchem ich meine Versuche unternahm, hatte ein und zwar nach Westen gelegenes Fenster, sodass nur Licht von dieser Richtung her eindringen und eine Ablenkung durch anderes einfallendes Licht nicht stattfinden konnte. Das Untersuchungsmaterial beschaffte ich mir in der gewöhnlichen Weise durch Ueberführung von Zellen aus 1% Knop-Nährlösung in Leitungswasser.

Die Versuche selbst wurden in Hängetropfpräparaten ausgeführt. Die Schwärmerentwickelung liess ich Vergleiches halber entweder im Dunkeln oder am Lichte, d. h. an den Orten vor sich gehen, an welchen ich die weitere Untersuchung unternehmen wollte.

An hellen, wolkenlosen Tagen stellte ich die mit lebhaft beweglichen Schwärmern dicht erfüllten Hängetropfen in drei verschiedenen Abständen vor dem Fenster auf. Der eine Theil der Präparate erhielt seinen Platz $^3/_4$ Meter, der übrige 3 bezw. $5^1/_2$ Meter vom Fenster entfernt. Die Wirkung war folgende: Die im Dunkeln immer gleichmässig in Tropfen vertheilt umherschwimmenden Individuen sammelten sich in dem dem Fenster zunächst stehenden Präparate, an dem der Lichtquelle entfernt gelegenen Tropfenrande (negativen), während die drei und $5^1/_2$ Meter entfernt aufgestellten Präparate eine Ansammlung der Schwärmer am Lichtrande (positiven) aufwiesen. Die Schwärmer selbst lagen dicht zusammengedrängt, gleich orientirt mit nach dem Lichteinfall hin starr ausgestreckten Cilien am Tropfenrande. Vertauschte ich alsdann nach erfolgter Ansammlung die Präparate in der Weise, dass ich die entferntest aufgestellten Präparate der Lichtquelle zunächst brachte und umgekehrt, ohne aber dabei eine Drehung des Objectträgers vorzunehmen, oder vertauschte ich durch Drehung des Objectträgers um 180° Licht- und Schattenwand, so fand eine Auswanderung der noch gut beweglichen Schwärmzellen in mehr oder weniger geradliniger Bahn nach dem ursprünglich aufgesuchten Tropfenrande hin statt. Diese Wirkung des veränderten Lichtreizes war so momentan, dass eine Trennung zwischen Präsentationszeit und Reactionszeit nicht zu unterscheiden war. Derselbe Effect liess sich auch durch Ablenkung des Lichtes mittelst Papierblättchen erzielen. Durch zeitweises Verdunkeln, das wieder eine gleichmässige Vertheilung der Schwärmer im Tropfen bewirkte, konnte man mit denselben Individuen öfters und nach Willkür diese verschiedenartigen Ansammlungen wiederholen. Allerdings finden sich in fast jedem Präparate einige Individuen vor, welche unbekümmert um die Lichtverhältnisse im Tropfen weiter umherschwimmen, doch sind dieselben in solch verschwindender Minderheit der grossen Masse vorzüglich reagirender Schwärmerzellen gegenüber, dass sie die Beurtheilung der Versuche nicht beeinträchtigen können. Somit verriethen die Individuen eine bestimmte Abstimmung auf eine gewisse Lichtintensität, der zufolge sie sich, sobald jene überschritten oder auch nicht ganz erreicht wurde, bald negativ, bald positiv phototactisch zeigen. Haben sie nun einmal den Ort der günstigsten Lichtintensität erreicht, so verbleiben sie daselbst. Sie verharren meist noch einige Zeit in zitternder, zuckender Bewegung, ohne aber einen Ortswechsel mehr vorzunehmen, und gehen dann, je nach der herrschenden Lichtintensität, früher oder später in den unbeweglichen Zustand über. Je grösser die Lichtintensität ist, um so schneller kommen sie am Tropfenrande zur Ruhe, sodass oft nur Bruchtheile einer Stunde hierzu erforderlich sind. Die Lichtintensität, auf die sie abgestimmt ist, ist aber eine ziemlich geringe, denn auch an trüben Tagen, im Dämmerlicht und auch bei künstlicher Beleuchtung lässt sich stets noch eine Ansammlung der Schwärmer am Lichtrande bewirken.

Die entsprechenden Versuche im farbigen Lichte ergaben analoge Resultate. Blaues Licht wirkte gleich dem Tageslichte, während hingegen rothes Licht wie Dunkelheit wirkte. Stellte man ein solches Präparat unter eine rothe Glocke, so erfolgte keine Ansammlung der Schwärmer, weder am Licht- noch am Schattenrande, und diese Thatsache erhielt sich auch dann noch, wenn man die Schwärmer unter der Glocke dem directen Sonnenlichte aussetzte.

Benützte man als Lichtquelle zwei Querflammen und stellte man das Präparat, das durch Einschaltung einer mit Alaunlösung gefüllten Cuvette vor Wärmestrahlung geschützt war, in einer Entfernung von 15 cm von dem Lichterzeuger auf, so erhielt man eine Licht-

intensität, bei welcher sich die Schwärmer sowohl am Licht- wie auch am Schattenrande ansammelten.

Während nun die Schwärmzellen im Lichte die Tendenz zeigen, möglichst bald den Ruhezustand wieder aufzunehmen und ihre Schwärmzeit nach Möglichkeit abzukürzen, bewirkt Dunkelheit wie auch rothes Licht eine bedeutende Verlängerung des beweglichen Zustandes. So konnte ich in absoluter Dunkelheit die Schwärmer 24 Stunden und länger in Bewegung erhalten. Dieses Verhalten von Schwärmern wurde schon von Cohn (XXII, T. II, 1850. S. 721) und später von Strasburger bei *Haematococcus neothrix* und *Botrydium* constatirt. Die Autoren ergänzen ihre Beobachtungen noch dahin, dass die Schwärmer ihres Untersuchungsmaterials im Dunkeln so lange nicht zur Ruhe gelangten, bis sie abstarben, was ja nach Umständen etwa 2—4 Tage währen konnte. Ich fand jedoch bei meinen Schwärmzellen, dass auch alle die im Dunkeln zur Ruhe gelangten Individuen ihre Lebensfähigkeit unverändert beibehielten. Mehrmals liess ich Tropfen, dicht mit Schwärmern angefüllt, so lange im Dunkeln stehen, bis ich kein bewegliches Individuum mehr feststellen konnte. War dieser Punkt erreicht, so setzte ich das Präparat wieder ans Licht. Am dritten Tage bereits bemerkte ich eine Veränderung der Schwärmzellen, dahingehend, dass sie sich mit Oeltröpfchen anfüllten und sich anschickten, in den Dauerzustand überzugehen. Dieses Verhalten konnte insofern nicht überraschen, als sich die Individuen ja in dem nährstoffarmen Leitungswasser befanden. Durch Hinzugabe einer Platinöse 2% Knop-Nährsalzlösung wurde aber die weitere Entwickelung der Dauerstadien nicht allein sistirt, sondern es zeigten viele Individuen bereits am folgenden Tage Theilungszustände, welche sich am dritten Tage bei fast sämmtlichen Individuen einstellten. Am vierten Tage nun sog ich die Nährlösung ab und ersetzte sie abermals durch Leitungswasser. Die Wirkung war die, dass in gewöhnlicher Weise nach einigen Stunden wieder Schwärmerbildung erfolgte, welche kund that, dass die im Dunkeln zur Ruhe gelangten Schwärmer nicht etwa gelitten, sondern ihre normale Lebensweise und Reactionsfähigkeit ungeschwächt beibehalten haben.

Bedingungen der Schwärmzellenbildung.

Die Vermehrung von *Chlamydomonas tingens* geht bei Cultur auf festem Substrate, wie Lehm oder Agar, stets, in Nährlösungen von höherer Concentration fast ausschliesslich durch Erzeugung unbeweglicher Zellen vor sich, welche letztere theils einzeln, theils zu kleineren oder grösseren Zellcomplexen vereinigt sind.

Bringt man nun solche unter diesen Culturbedingungen entstandenen Zellen in Leitungs- oder destillirtem Wasser, so erfolgt, je nach den gerade vorliegenden physiologischen Verhältnissen, bald in kürzerer, bald in längerer Zeit eine sehr lebhafte Schwärmerentwickelung. Der grösste Theil der so entstandenen Schwärmzellen besteht aus bereits ausgewachsenen Zellen, welche bisher zu zweien oder mehreren unbeweglich in gemeinsamer Mutterhülle lagerten. Durch die Behandlung gereizt, stülpen sie nun Cilien aus, sprengen die Mutterhülle und beginnen unter lebhafter Bewegung fortzuschwärmen. Der kleinere Theil dieser Schwärmer kommt durch eine direct vorhergegangene Theilung zu Stande.

Diese Schwärmererzeugung lässt sich mit der grössten Sicherheit stets veranlassen, gleichgültig in welcher Stunde des Tages oder der Nacht der Versuch unternommen wird.

Licht oder Dunkelheit ändern im Wesentlichen das Ergebniss des Versuchs nicht, ebensowenig die Anwendung einer Salz- oder Nährlösung bis zu einer bestimmten Concentration an Stelle des Wassers. Wohl aber hat die Concentration der verwandten Nähr- oder Salzlösung gewissen zeitlichen Einfluss auf die frühere oder spätere Entstehung der Schwärmzellen.

Durch diese Beobachtungen war für mich die Frage nach den günstigsten Bedingungen der Schwärmerbildung aufgeworfen und das Bestreben erwacht, die auslösenden Reize wie auch die etwa hemmenden Factoren bei diesem Bildungsprocesse kennen zu lernen.

Die Ueberlegung wies bald dahin, dass es sich hier sowohl um chemische, als auch physikalische Reize handeln könnte. Chemische, die durch die Gesammtwirkung wie Einzelwirkung der in den Nährsalzlösungen enthaltenen chemischen Stoffe verursacht werden konnten, und physikalische, welche in der Wirkung des Druckes, der Temperatur und des Lichtes zu suchen waren.

Die Thatsache nun, dass die Schwärmerbildung stets dann erfolgte, sobald eine Ueberführung von Zellen aus höher concentrirten Lösungen in reines Wasser oder Lösungen von niederen Concentrationen vorgenommen wurde, d. h. sobald man die Zelle in ein Medium von geringerem osmotischen Werth brachte, liess darauf schliessen, dass diese Auslösung vielleicht auf osmotische Verhältnisse, Turgorschwankungen zurückzuführen sei.

Dieser Frage wandte ich mich nun zunächst zu. Das zu diesem Zwecke verwandte Material bestand aus Culturen von 1% Knop's Nährlösungen, wobei ich auf das Alter solcher Culturen wenig Rücksicht zu nehmen brauchte.

Ich versuchte zuerst zu erfahren, wie hoch ich in der Concentration der Salzlösungen gehen konnte, um noch von den so ernährten Zellen bei ihrer Ueberführung bewegliche Zellen zu erhalten. Hierzu stellte ich mir, je nach der Beschaffenheit des Stoffes, Salzlösungen von 0,05% an aufsteigend her, und brachte je einen Tropfen dieser Versuchsflüssigkeit auf ein Deckglas, welches ich zur Herstellung einer feuchten Kammer auf einen vorher sterilisirten und befeuchteten Pappring legte. Das Ganze wurde wiederum, um durch etwaiges Verdunsten des Lösungswassers möglichst eine Concentrationsveränderung der Untersuchungsflüssigkeit zu vermeiden, in eine grosse feuchte Kammer gestellt. Damit ferner nicht etwa beim Impfen des Tropfens mit den aus 1% Nährlösung stammenden Zellen doch eine Concentrationserhöhung der Salzlösung stattfinde, wurden die Zellen vorher mehrmals mit destillirtem Wasser abgeschwenkt. Zu diesem Behufe leistete eine Handcentrifuge vorzügliche Dienste. Durch verschiedenmaliges Abcentrifugiren mit destillirtem Wasser konnte man die zur Benutzung gelangenden Zellen völlig von der ihr anhaftenden Culturflüssigkeit befreien und somit einer Concentrationserhöhung der Untersuchungsflüssigkeit vorbeugen.

Ich möchte gleich hier bemerken, dass diese Vorbehandlung mit destillirtem Wasser weder als vorhergehender Verdünnungsreiz noch durch specifische Eigenwirkung einen besonderen Einfluss auf die Versuchsresultate ausübte.

Die Versuche selbst führte ich in den Morgenstunden, jeweils zu derselben Zeit aus und achtete möglichst auf gleiche Temperatur (15—20° C.) und Lichtverhältnisse.

Als chemische Stoffe zur Herstellung der Untersuchungsflüssigkeiten wurden sowohl Salze der organischen wie anorganischen Reihe gebraucht, und zwar in der Weise, dass von jedem Salze diejenige Concentration festgestellt wurde, bei welcher noch eine quantitativ namhafte Schwärmererzeugung statthatte. Zur Controlle wurde zu jedem Versuche ein Präparat angefertigt, bei welchem die Zellen in destillirtes Wasser übergeführt wurden, um dadurch einmal einen Beweis für die Brauchbarkeit des angewandten Materials zu haben, und andermals bezüglich der Zeitverhältnisse einen Anhaltspunkt zu gewinnen. Da nun bei

einigermaassen günstigen Verhältnissen, wie sie z. B. in den Controllpräparaten gegeben waren, die Schwärmerbildung innerhalb weniger Stunden erfolgte und ihr Maximum erreichte, und meine Versuche ja dahin gerichtet waren, den Process eventuell zu beschleunigen oder zu verlangsamen, so brach ich die Versuche stets nach ca. zwölf Stunden ab. Hierfür sprach auch noch der Umstand, dass bei zu langem Stehen, selbst auch innerhalb der feuchten Kammer, durch das zeitweise Oeffnen derselben beim Controlliren infolge Verdunstung eine Aenderung der Concentrationsverhältnisse doch nicht völlig vermieden werden konnte.

Die auf solche Weise erhaltenen Grenzconcentrationen wurden auf ihren Salpeterwerth umgerechnet und mit dem der 1 % igen Knop'schen Nährlösung verglichen, welche laut angefügter Tabelle einer 0,6 % igen Kali-Salpeterlösung entspricht.

Tabelle I zeigt zunächst die Berechnung des osmotischen Werthes dieser 1 % igen Knop-Lösung, welcher sich aus der Summe der in ihr enthaltenen und einzeln osmotisch wirkenden Salze ergiebt. In Verticalreihe I finden wir die Salze ihren Gewichtsverhältnissen nach, wie sie in der von mir angewandten 1 % igen Nährlösung nach Knop gelöst sind, angegeben. Unter Berücksichtigung der Moleculargewichte und der isosmotischen Coefficienten rechnete ich diese Gewichtsmengen auf die entsprechenden isosmotischen Kalisalpeterwerthe um. Somit sind in Verticalreihe II die molecularen Gewichtsmengen von Kalisalpeter angegeben, welche jeweils erforderlich sind, um ungefähr den gleichen osmotischen Druck, wie die entsprechenden in Gewichtsprocenten angeführten Salzmengen, der Verticalreihe I hervorzurufen.

Tabelle I.

Stoff	Formel	I. Gewichts-procent	II. Salpeter-werth
Salpeters. Calcium	$Ca(NO_3)_2 + {}_4H_2O$	0,6	0,34
Salpeters. Kalium	KNO_3	0,15	0,15
Schwefel. Magnesium	$MgSO_4 + {}_7H_2O$	0,15	0,04
Monokaliumphosphat	KH_2PO_4	0.15	0,11
		1,05	0,64

Tabelle II zeigt in gleicher Weise die Umrechnung der zur Untersuchung benutzten Salze auf ihren Salpeterwerth. Die Werthe sind theils der von Hugo de Vries (I, S. 537) aufgestellten Tabelle entnommen, andere wieder in entsprechender Weise berechnet, um die Vergleichung der osmotischen Wirkung der verschiedenen Stoffe zu erleichtern. Ich benutzte selbstverständlich auch bei der Berechnung, stets wie de Vries, die abgerundeten, nicht empirischen Werthe der isosmotischen Coefficienten, da ja bei physiologischen Untersuchungen die annähernden Werthe völlig ausreichend sind.

So sind in Verticalreihe II und III die zur Berechnung der Werthe in Spalte IV erforderlichen Moleculargewichte und abgerundeten, isosmotischen Coefficienten der Körper angegeben. Die in Spalte IV verzeichneten Salpeterwerthe der einprocentigen Lösungen sind nach de Vries' Methode vermittelst der Formel $= 1/3 + 10 \times \frac{\text{isosmot. Coeffic.}}{\text{Moleculargewicht}}$ berechnet, und geben den Salpeterwerth direct in Aequivalenten an. Verticalreihe V enthält schliesslich die bei meinen Versuchen gefundenen Grenzconcentrationen, die wir wieder in Spalte VI, auf ihren Salpeterwerth umgerechnet vorfinden.

Tabelle II.

I		II	III	IV	V	VI
Stoff	Formel	Molecular-gewicht	Isosmotischer Coefficient (abgerundeter)	Salpeterwerth der 1% Lösungen in Bezug auf die 1,01% Kalisalpeter enthaltende Lösung	Grenzconcentration in Gewichtsproc.	Salpeterwerth der Grenzconcentrationen
1% Knop-Lösung	—	—	—	—	—	0,6
Kaliumnitrat	KNO_3	101,0	3	0,99	0,2	0,19
Natriumchlorid	NaCl	58,5	3	1,71	0,4	0,68
Kaliumchlorid	KCl	74,5	3	1,34	0,3	0,4
Monokaliumphosphat	KH_2PO_4	136,0	3	0,73	0,3	0,21
Natriumnitrat	$NaNO_3$	85,0	3	1,18	0,4	0,47
Natriumchlorat	$NaClO_3$	106,5	3	0,96	0,2	0,19
Kaliumchlorat	$KClO_3$	122,5	3	0,81	0,1	0,08
Ammoniumchlorid	NH_4Cl	53,5	3	1,87	0,6	1,12
Ammoniumnitrat	NH_4NO_3	80,0	3	1,24	0,5	0,62
Calciumnitrat	$Ca(NO_3)_2 + {}_4H_2O$	235,9	4	0,56	0,3	0,16
Natriumsulfat	Na_2SO_4	142,0	4	0,94	0,4	0,37
Kaliumsulfat	K_2SO_4	174,0	4	0,77	0,3	0,23
Dikaliumtartrat	$K_2C_4H_4O_6$	226,0	4	0,59	0,7	0,41
Dinatriumtartrat	$Na_2C_4H_4O_6$	194,0	4	0,68	1,0	0,68
Ammoniumsulfat	$(NH_4)_2SO_4$	132,0	4	1,03	0,6	0,61
Magnesiumsulfat	$MgSO_4$	120,0	2	0,56	0,6	0,33
» + 7 H_2O	$+ {}_7H_2O$	246,0	2	0,28	0,6	0,17
Rohrzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,0	2	0,195	15,0	2,9
Glycerin	$C_3H_8O_3$	92,0	2	0,73	5,0	3,6
Harnstoff	CH_4N_2O	60,0	2	1,11	2,5	2,7
Asparagin	$C_4H_8N_2O_3$	132,0	2	0,50	2,0	1,0

Die Versuche zeigten, dass, je geringer die Concentration der angewandten Salzlösungen war, desto schneller und merklich intensiver die Schwärmerbildung eintrat. Diese zeitliche Verschiedenheit aber, wie auch die ungleich grosse Menge der gebildeten Zoosporen in den verschiedenen Concentrationen, wies schon zunächst darauf hin, dass ausser der plötzlichen Turgorschwankung noch andere Factoren bei diesem Processe mitsprechen mussten, die auf denselben entweder begünstigend oder hemmend einwirken.

Ein Vergleich der Zahlen in obenstehender Tabelle beweist dies unzweifelhaft. Hier finden wir zunächst bei einigen Salzen, wie z. B. bei Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, Kaliumsulfat, Kaliumnitrat, Natriumchlorat Grenzconcentrationen vor, deren osmotische Wirkung merklich und oftmals weit hinter der der 1% Knop-Culturflüssigkeit zurücksteht. In solchen Fällen erfolgt also, gleich wie bei der Ueberführung der Zellen aus 1% Knop'scher Nährlösung in Leitungswasser, eine Uebertragung des Untersuchungsmaterials in ein geringwerthigeres oder hyposmotisches Medium statt. Die nothwendige Folge davon ist nun, dass der osmotische Druck innerhalb der Zelle eine Steigerung erfahren muss. Wollte man aber dieser rein physikalischen osmotischen Wirkung allein die Auslösungsfähigkeit ohne Rücksichtnahme auf die specifische, chemische Wirkung der einzelnen Salze zuschreiben, so müsste sich doch auch eine gewisse Uebereinstimmung hinsichtlich der Grösse der Grenzconcentrationen bei den einzelnen Salzen feststellen lassen; d. h. die Grenzconcentrationen dürften nur insofern von einander verschieden sein, als es der osmotische Werth der gelösten Salze bedingt. Dies trifft aber in diesen Fällen nicht zu, im Gegentheil weisen die Grenzconcentra-

tionen die grösste Verschiedenheit auf. Ferner treffen wir bei anderen Salzen wieder, wie z. B. bei Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat, Dikaliumtartrat, Salpeterwerthe vor, welche dem der 1% Knop'schen Culturflüssigkeit annähernd gleich sind. In diesem Falle findet also eine Ueberführung der Zellen in ein Medium von wesentlich anderem osmotischen Werthe nicht statt. Beide Medien sind vielmehr in ihren osmotischen Druckverhältnissen etwa einander gleich oder isosmotisch. Es konnte also eine Wirkung der osmotischen Verhältnisse als Auslösungsreiz überhaupt nicht in Betracht kommen, und trotzdem erfolgte die Schwärmerbildung. Gerade die entgegengesetzten Verhältnisse, wie in erstgenanntem Falle, zeigten sich bei verschiedenen organischen Stoffen, wie Asparagin, Harnstoff, Rohrzucker und Glycerin. Hier geht die Schwärmerbildung noch in einer 2% Asparagin-, 2,5% Harnstoff-, 15% Rohrzucker- und 5% Glycerin-Lösung vor sich. Sämmtliche Lösungen übersteigen aber an osmotischer Wirkung das Doppelte bis Mehrfache des osmotischen Werthes der 1% Culturflüssigkeit. Die angewandte 5%-Glycerinlösung, welche einem Salpeterwerthe von 3,6% entspricht, zeigt sogar den sechsfachen osmotischen Druck der ursprünglichen Culturflüssigkeit. Somit findet also auch eine Schwärmerbildung bei gewissen Stoffen selbst dann noch statt, wenn die Zellen aus einem geringwerthigeren osmotischen Medium in ein hyperosmotisches übergeführt werden. Dabei wird aber in der Zelle durch Wasserentzug der osmotische Druck des Zellsaftes verringert, was eine Concentration des Plasmakörpers nach sich zieht.

Demzufolge führt auch eine entgegengesetzte Aenderung der osmotischen Verhältnisse innerhalb der Zellen in gleicher Weise zu Schwärmerbildung. Da nun somit bei all den drei möglichen Fällen, bei Erhöhung, Verminderung oder Gleichbleiben des osmotischen Druckes im Zellinnern, die Schwärmerbildungsprocesse ungehindert erfolgten, so muss man zu dem Schlusse gelangen, dass eine Aenderung der osmotischen Druckverhältnisse wirkungslos ist und weder als begünstigender noch als hemmender Factor angesehen werden kann.

Man muss daher ausser dieser osmotischen, physikalischen Wirkung der Salze auch ihre specifische, chemische Einzelwirkung, ihren Giftigkeitsgrad, in Berücksichtigung ziehen. Und darauf hin wies ja bereits schon die vorhin erwähnte und durch osmotische Verhältnisse unerklärbare, grosse Verschiedenheit der Grenzconcentrationen. Diese Annahme durch vergleichende Versuche experimentell zu stützen, war die Aufgabe der weiteren Versuchsanstellung.

Zunächst versuchte ich festzustellen, wie weit ich in der Concentration der Knopschen Nährlösung zurückgehen musste, um noch bei Ueberführung der Zellen aus 1% Knopscher Lösung Schwärmerbildung zu erhalten. Die Versuche lehrten, dass bei 0,4% bereits die Grenzconcentration erreicht wurde. Die Knop'sche Nährlösung besteht aber aus verschiedenartigen Salzen, welche wieder in verschiedener Gewichtsmenge in derselben gelöst sind. Es war daher nöthig, um Aufschluss über den hemmenden Factor zu erlangen, diese Salze einzeln auf ihren Hemmungsgrad zu prüfen. Die entsprechenden Versuche zeigten, dass Kaliumnitrat bereits in 0,2%, Calciumnitrat in 0,3%, Monokaliumphosphat in 0,3% und schliesslich Magnesiumsulfat in 0,6% Lösung deutlich hemmte. Da sich nun aber eine 0,4% Knop'sche Nährlösung aus 0,24% Calciumnitrat und nur je 0,06% Monokaliumphosphat, Kaliumnitrat und Magnesiumsulfat zusammensetzt, so kann nunmehr ersteres nur als hemmender Factor in Betracht gezogen werden, da ja die vorhandene Menge der übrigen Salze weit hinter ihrer Hemmungsconcentration zurücksteht. Und thatsächlich liegt auch die Hemmungsconcentration des Calciumnitrates zwischen 0,2 und 0,3%.

Auf Grund der Höhe ihrer Hemmungsconcentration würde sodann das Calciumnitrat als der Bestandtheil der 1% Knop'schen Nährsalzlösung anzusehen sein, welcher am stärksten der Bildung beweglicher Individuen entgegenwirkt. Alsdann würde ihm in Abstufungen

Kaliumnitrat und Monokaliumphosphat folgen. Magnesiumsulfat zeigt sich als das am wenigsten hemmend wirkende Salz der Nährlösung.

Im Anschlusse an diese Versuche mit Knop'scher Nährlösung will ich eine zweite Reihe besprechen, welche ebenfalls gegen eine auslösende Wirkungskraft osmotischer Druckveränderungen zeugen. Anstatt Zellen direct aus 1% Knop'scher Nährlösung in Wasser überzuführen, brachte ich sie zunächst eine halbe Stunde lang in eine 0,4 oder 0,25% Knopsche Nährlösung und dann erst in Wasser. Hierdurch wurde erzielt, dass in den durch 0,4 und 0,25% Nährlösung geführten Zellen im Vergleiche zu den direct in Wasser übertragenen Individuen eine bedeutend geringere und wenig heftig wirkende Aenderung des osmotischen Druckes im Zellinnern eintreten musste. Wären also osmotische Verhältnisse die Ursache des wirkenden Reizes, so dürfte man auch erwarten, dass solches durch eine schnellere oder verlangsamte Schwärmerbildung zum Ausdrucke gelange. Die Versuche aber ergaben nach dieser Richtung hin keine Gesetzmässigkeit, es liess sich weder eine Beschleunigung noch Verlangsamung des Processes erkennen. Die Schwärmerbildung erfolgte in den meisten Versuchen innerhalb der gewöhnlichen Zeit und gleichmässig. In wenigen Fällen sogar trat das Optimum der Schwärmerbildung bei dem langsam überführten Materiale um weniges früher ein, als bei directer Uebertragung in Wasser.

Noch auf anderem Wege suchte ich den hemmenden Einfluss der Salze auf Grund ihrer chemischen Wirkung nachzuweisen.

R. Kobert (I) giebt in seinem Lehrbuche über Intoxicationen an, dass sich die beiden Salze Pottasche K_2CO_3 und Soda Na_2CO_3 in Bezug auf ihren Giftigkeitsgrad thierischen Organismen gegenüber wesentlich verschieden verhalten, obwohl der Alkalescenzgrad und auch das Aetzvermögen beider gleich ist. Der Pottasche kommt nach seinen Untersuchungen eine weitaus grössere Giftwirkung als der Soda zu. Er schreibt diese erhöhte Giftwirkung der Pottasche, ihrem Gehalte an Kalium zu, welches im Vergleich zum Natrium der Soda auf thierische Organismen heftiger zu wirken vermag.

Dieselbe Verschiedenheit betreffs der Giftwirkung der Kali- und Natriumsalze vermochte auch Löw für die entsprechenden Chloride dieser Alkalimetalle nachzuweisen (vergl. Löw I, S. 115). Versuche mit anderen saueren Salzen ergaben dieselbe gesteigerte giftige Wirkung der Kalisalze.

Mit pflanzlichen Organismen wurden in dieser Hinsicht noch wenige Versuche gemacht, vielleicht aus dem Grunde, da man dem Kalium, als einem zur Ernährung der Pflanzen unentbehrlichen Elemente, keine besondere Giftwirkung oder Hemmungsvermögen zuschreiben wollte.

Zeller jedoch (I, 713) machte schon 1827 die Beobachtung, dass Natrium- und Magnesiumsalzlösungen, welche er auf keimende Samen einwirken liess, sich als bedeutend unschädlicher erwiesen, als solche von entsprechenden Kalisalzen.

Auch in neuerer Zeit wurde die Wahrnehmung gemacht (Jost I, S. 108), dass selbst notorische Nährstoffe, z. B. Kalisalze, nur in geringer Concentration ertragen werden, in höherer aber hemmen. Diese hemmende Wirkung glaubte man jedoch der osmotischen Wirkung der Salze zuschreiben zu müssen.

Auf Grund dieser Angaben glaubte ich auch in diesen Stoffen ein Mittel für die Beweisführung bezüglich der specifischen Wirkungswerthe der Salze gefunden zu haben, und trat durch vergleichende Versuche mit den beiden Alkalimetallsalzen der Frage näher.

Das Resultat dieser Versuche zeugte für die Richtigkeit der Annahme. Die unten angeführte Tabelle III bringt dies zum Ausdruck.

Entsprechend der Tabelle II finden wir auch hier in der Verticalreihe II die zur Berechnung der Werthe in den folgenden Spalten erforderlichen Moleculargewichte. Die in Spalte III angeführten Zahlen stellen die Gewichtsmengen für die zur Untersuchung gelangten Stoffe dar, welche an Stelle von 0,1 Moleculargewicht Kaliumnitrat KNO_3 im Liter gelöst sein müssen, um eine isosmotische Wirkung hervorzubringen. Die durch meine Versuche gefundenen Grenzconcentrationen sind in der folgenden Spalte IV verzeichnet. Um nun den jeweiligen Gehalt an Kalium oder Natrium festzustellen, war es nöthig, die in Gewichtsprocenten angegebenen Grenzconcentrationen auf gleiche Molecularlösung umzurechnen (Spalte V). In vorletzter Reihe ist nun die wirksame Metallmenge berechnet. Zur deutlicheren Uebersicht setzte ich nun noch jeweils bei beiden in Vergleich gezogenen Salzen die erhaltene Kaliummenge = 1 und erhielt somit die in Spalte VII angeführten Verhältnisszahlen.

Tabelle III.

I		II	III	IV	V	VI	VII
Stoff	Formel	Molecular-gewicht	Concentration der Lösung, die isosmotisch ist mit einer Lösung, welche 0,1 Mol. Gew. Kalisalpeter im Liter enthält	Grenz-concentration in Gewichts-procenten	Entsprechende Molecularlösung	Metallgehalt	Verhältniss von Kalium und Natriumgehalt
Kaliumnitrat	KNO_3	101	1,01	0,2	0,02	0,007	1 : 1,7
Natriumnitrat	NaO_3	85	0,85	0,4	0,05	0,012	
Kaliumchlorid	KCl	74,5	0,74	0,3	0,04	0,02	1 : 1,5
Natriumchlorid	NaCl	58,5	0,58	0,4	0,07	0,03	
Kaliumsulfat	K_2SO_4	174	1,3	0,3	0,02	0,008	1 : 1,38
Natriumsulfat	Na_2SO_4	142	1,08	0,4	0,04	0,011	
Kaliumtartrat	$K_2C_4H_4O_6$	226	1,69	0,7	0,04	0,013	1 : 1,3
Natriumtartrat	$Na_2C_4H_4O_6$	194	1,45	1,0	0,07	0,017	
Kaliumchlorat	$KClO_3$	122,5	1,22	0,1	0,008	0,0025	1 : 1,7
Natriumchlorat	$NaClO_3$	106,5	1,06	0,2	0,02	0,0043	
Kaliumnitrit	HNO_2	85	0,85	0,08	0,007	0,003	1 : 1,3
Natriumnitrit	$NaNO_2$	69	0,69	0,1	0,014	0,004	

So ersieht man nun, dass bei Anwendung von Kalisalzen stets die Grenzconcentration tiefer als bei dem entsprechenden Natriumsalze lag, trotzdem infolge der niederen Moleculargewichte der Natriumsalze der osmotische Werth solcher Salzlösungen ein höherer und die Aenderung der Druckverhältnisse des umgebenden Mediums ein geringerer ist.

Daher kann die Erklärung für diese Thatsachen nur in der giftigeren und dadurch hemmenden Wirkung der Kalisalze zu suchen sein.

Dass die specifisch individuelle Wirkung der einzelnen Salze eine grosse Bedeutung bei der Schwärmererzeugung hat, geht auch hier wieder aus einem vergleichenden Versuche mit den beiden osmotischen fast gleichwerthigen Salzen, dem Natriumnitrat und dem Kaliumnitrit hervor. Während bei ersterem die Grenzconcentration bei 0,4 % lag, so trat bei letzterem schon bei einem Gehalte von 0,08 % des gelösten Salzes keine Schwärmerbildung mehr ein.

Wären also die osmotischen Verhältnisse die allein bestimmenden, so dürfte auch hier kein Unterschied in der Grenzconcentration vorliegen.

In diesem Falle kommt noch zu der an und für sich hemmenden Wirkung des Kalium

auch die ebenfalls im Vergleich zu Salpetersäure stärker hemmende Eigenschaft der salpetrigen Säure (vergl. Tabelle III) hinzu.

Ebenfalls hemmend auf die Schwärmerbildung und also für diese Thatsache zeugend, wirkten Säuren sowie auch stark saure Salze im Vergleiche zu Alkalien und alkalisch reagirenden Salzen. So fand in 0,1% Lösungen von Natrium, wie Kalilauge, noch vorzügliche Schwärmerbildung statt, während entsprechende Concentrationen von Säuren keine oder nur noch äusserst geringe zuliessen.

Zur schärferen Beweisführung, dass an die specifisch chemische Wirkung der Salze die Auslösung des Processes allein geknüpft sei, war es nunmehr auch nothwendig, die Wirkung des Lichtes und der Temperatur, als zwei die Lebensprocesse stets beeinflussende Factoren, kennen zu lernen. Die Versuche zeigten, dass bei heller, sonniger Beleuchtung eine bedeutende Verlangsamung des Processes eintrat, die sich in directem Sonnenlichte bis zu einem Minimum oder zum gänzlichen Ausbleiben der beweglichen Individuen steigern konnte; trotz der Ueberführung der Zellen in reines Wasser oder ein Medium von niederer Concentration. Verdunkelung rief eine Beschleunigung des Vorganges hervor. Absolute Dunkelheit ist jedoch nicht nothwendig, da schon eine Schwächuug der Lichtintensität dieselbe Förderung bezweckte. Parallelversuche, in verschiedenem Lichte ausgeführt, bestätigten diese Beobachtungen. So wirkte rothes Licht wie halbdunkel begünstigend auf den Process der Schwärmererzeugung, während blaues Licht eine Verzögerung verursachte. Mit der Zunahme der Lichtintensität trat auch eine Verzögerung der Zoosporenbildung ein.

Zu den von Klebs bei der Schwärmererzeugung von *Protosiphon* gemachten Beobachtungen, in Bezug auf den allein auslösenden Lichtreiz, stehen meine Erfahrungen mit *Chlamydomonas tingens* im Widerspruche. Ihm gelang es durch blosse Verdunkelung einer gut genährten Cultur, die Zellen zur Schwärmerbildung zu veranlassen. Meine Versuche hingegen mit *Chlamydomonas* ergaben entgegengesetzte Resultate. Gleichgültig ob ich Zellen, die in höher oder niederer concentrirten Nährlösungen gewachsen waren, verdunkelte, niemals erhielt ich bewegliche Individuen. Jedesmal war es nothwendig einen Wechsel des Nährmediums stattfinden zu lassen, sei es eine Ueberführung in ein anderes von geringerer Concentration oder in reines Wasser.

Wieder ein anderer Factor, der eventuell wirksam in die Vorgänge der Schwärmzellenbildung einzugreifen vermag, sind die Temperaturverhältnisse, deren Wirkung ich, wie die des Lichtes, an Culturen in feuchten Kammern prüfte. Auch hier machte ich stets Parallelversuche in der Hinsicht, dass ich einmal das Nährmedium wechselte, das andere Mal nicht, um so zu erfahren, ob etwa eine plötzliche Temperaturschwankung als allein auslösender Reiz angesehen werden kann. Die Resultate meiner Versuche zeigten, dass die Temperatur nicht als allein auslösender Reiz betrachtet werden kann, wohl aber den Process befördert und höchstens nur dann etwa auslösend wirken kann, wenn der durch andere Reize hervorgerufene Process in seinem Fortgang durch zu niedere oder hohe Temperatur gehemmt war. Das gleiche finden wir bestätigt durch Klebs' Untersuchungen mit *Protosiphon* (vergl. Klebs IV, S. 202).

Es lag nicht in meiner Absicht, etwa genau die Zeitgrenzen zu bestimmen, innerhalb welcher bei verschiedener Temperatur und sonst gleichen Bedingungen der Bildungsprocess vor sich geht, sondern nur auch bei *Chlamydomonas tingens* nachzuweisen, inwiefern die Verschiedenheit der Temperatur begünstigend oder hemmend auf den Verlauf des Processes einwirkte. So konnte ich feststellen, dass eine Temperatur von 16° an aufwärts beschleunigte. Diese Beschleunigung nimmt in dem Maasse zu, als die Temperatur bis zu einem bei 28—30° gelegenen Optimum der Schwärmerbildung steigt. Bei Benutzung des Thermostaten gelang

es mir, unter Mitwirkung der anderen begünstigenden Bedingungen, bei einer Temperatur von 28° sogar nach Ablauf von 40 Minuten schon die ersten Schwärmer zu erhalten. Als ich jedoch höhere Temperaturen zur Anwendung brachte, trat zunächst wieder eine Verlangsamung des Processes ein. Bei einer Steigerung der Wärme auf 35° erhielt ich keine Schwärmer mehr, und diese Verhältnisse blieben bis 38° gleich. Setzte ich endlich die Zellen einer Temperatur von 40° aus, so erfolgte der Tod der Individuen. Das gleiche Ergebniss tritt bei Anwendung niederer Temperaturen ein. Unterhalb 16° verlangsamt sich der Process immer mehr, bis schliesslich bei 3° die Bildung der beweglichen Individuen überhaupt ausbleibt.

Um schliesslich noch festzustellen, ob etwa eine plötzliche grosse Temperaturschwankung allein auslösend wirken könne, unternahm ich Versuche in der Weise, dass ich Präparate während der ganzen Nacht auf 0° abkühlte und sie am andern Morgen plötzlich ohne Wechsel des Nährmediums in Temperaturen von 16°, 22°, 28° brachte und sie theils hell, theils dunkel stellte. Bei einzelnen Versuchen erhielt ich zwar einige Schwärmer, doch so vereinzelt, dass sie zum Beweise hierfür nicht dienen konnten; und dies um so weniger, als Zellen, in Wasser übergeführt, stets die reichlichste Schwärmerbildung ergaben und zugleich anzeigten, dass das Untersuchungsmaterial durch diese schroffe Behandlungsweise in keiner Hinsicht gelitten hatte.

Eine zusammenfassende Kritik der Versuche führt also dahin, dass die Bildung beweglicher Individuen aus Zellen, welche concentrirten Nährlösungen entstammen, nur dann erfolgen kann, wenn eine Concentrationsverminderung der Nährlösung vorgenommen wird. Hierbei wirkt nicht etwa die Veränderung der osmotischen Verhältnisse und die damit verknüpfte Turgorschwankung, sondern lediglich das Wegschaffen der den Process hemmenden Salze. Demnach genügt nicht etwa eine beliebige Concentrationsverminderung der Salzlösung, die ja bereits schon an und für sich eine Turgorschwankung hervorrufen würde, sondern dieselbe ist abhängig von der specifischen, chemischen Wirkung, dem Giftigkeitsgrad, des Salzes. Ohne Ausschaltung dieses hemmenden Factors kann weder Licht noch Temperatur die Auslösung des Processes herbeiführen.

Die Temperatur kann nur insofern begünstigend auf den Process einwirken, als durch höhere Temperaturen die Lösungsfähigkeit der umgebenden Flüssigkeit gesteigert wird und allgemein der Plasmakörper reactionsfähiger bleibt; niedere Temperaturen behindern aber beides.

Lichtverhältnisse endlich beeinflussen den Process in der Weise, dass Dunkelheit im Vereine mit Concentrationsverminderung den Vorgang beschleunigt und intensiver gestaltet, während zu grosse Lichtintensität das Gegentheil bewirkt.

Unter Berücksichtigung dieser Beobachtungen lässt sich auch für das natürliche Vorkommen solcher Organismen in verschiedener Form eine Erklärung finden. Teiche, Tümpel und Regenpfützen bilden die Fundorte der Chlamydomonaden. In ersteren wird daher die *Chlamydomonas* ausschliesslich in ihrer beweglichen, schwärmenden Form anzutreffen sein, da ja in solchen Teichwässern der mineralische Salzgehalt ein viel zu geringer ist, um eine hemmende Wirkung hervorzubringen.

Nach Analysen von K. Fischer (I, S. 272) liefern solche Tümpelwässer etwa 2—300 mg Trockenrückstand pro Liter; berücksichtigt man nun noch, dass in dieser Gewichtsmenge auch die organischen Substanzen mit eingerechnet sind, so bleibt für die mineralischen Bestandtheile ein Restgehalt übrig, der noch weit hinter der Grenzconcentration von Nährsalzlösungen zurücksteht.

Dazu kommt noch, dass durch den ständigen Zu- und Abfluss der die Tümpel speissenden Rieselwässer eine wirksame Concentrationserhöhung kaum stattfinden kann, selbst auch dann nicht, wenn heftige Gewitterregen die sonst an mineralischen Stoffen ebenfalls armen Zuflüsse mit Nährstoffen anreichern sollten.

In kleinen Regenpfützen jedoch ist eine Concentrationserhöhung bis zur hemmenden Wirkung eher denkbar, da diese nicht durch Zuflüsse stetig gespeist werden. Hier können sich die Concentrationsverhältnisse durch schnelle Verdunstung an heissen Sommertagen rasch steigern und ihre hemmende Wirkung zum Ausdruck bringen. Thatsächlich erscheinen auch solche frisch gefüllte Regenpfützen in der ersten Zeit durch die an der Oberfläche herumschwärmenden Individuen am intensivsten grün gefärbt. Später nimmt die Färbung mehr und mehr ab, die Individuen sind unbeweglich geworden und zu Boden gesunken. Der vermehrte Salzgehalt verlangsamt ihr Wachsthum.

Allerdings lässt sich der Mangel beweglicher Individuen bei Culturen auf festem Substrate, wie feuchtem Lehm, nicht auf diese Weise erklären. Auch hier reicht der Salzgehalt des aufgesogenen Wassers zu einer hemmenden Wirkung nicht aus, denn nach Angaben Wunder's (II, S. 131, I, S. 114) vermag das Wasser aus dem Boden nur etwa 0,02—0,03% lösliche Salze zu entziehen. Selbst wenn man auch noch die erhöhte Lösungsfähigkeit des hiesigen Quellwassers für Bodensalze durch dessen hohen Gehalt an Kalk und Kohlensäure in Anrechnung brächte, so würde dennoch die hemmend wirkende Grenzconcentration der Salzlösung noch lange nicht erreicht werden. In diesem Falle muss man sich daher das Ausbleiben der beweglichen Individuen durch den herrschenden Wassermangel zu erklären suchen.

Salzwirkungen ähnlicher, ja noch weitergehender Natur vermochte auch Klebs hinsichtlich der Fortpflanzungsweise verschiedener anderer Algen festzustellen.

Seine Untersuchungen zeigten stets dahin, dass die Zoosporenbildung wie auch Entleerung durch Nährsalzlösungen von 0,2% ab stark gehemmt wurden.

Ulothrix zonata, welche sonst zur Zoosporenbildung sehr geneigt ist (Klebs IV, S. 300), verliert dieselbe in Nährlösungen von 0,5—1% gänzlich und erlangt sie erst dann wieder, wenn die Zellen aus den Nährlösungen in Wasser übergeführt werden. Das gleiche Verhalten äussert *Vaucheria*. »Steigert man die Concentration der Nährlösung,« schreibt Klebs (IV, S. 56), »so wächst auch die hemmende Wirkung der Salze. Für *Vaucheria repens* bildet eine Nährlösung von 0,7% die Grenze. Schon in ihr unterbleibt fast stets die Zoosporenbildung unbedingt bei jeder höheren Concentration.« Allerdings ist die Grenzconcentration für die Zoosporenbildung nicht immer die gleiche. Sie scheint für jede Alge individuell zu sein, denn schon bei *Vaucheria clavata* erfährt sie eine Erhöhung auf 1—1,5%. Während nun die Hemmungsconcentration der Nährsalzlösungen für *Vaucheria repens* bei 0,7% gelegen ist, erreichte eine Kalisalpeterlösung von 0,2% bereits dieselbe Wirkung; Rohrzuckerlösungen konnten dagegen bis 5,5% in Anwendung gebracht werden, bis dass sie eine störende Wirkung äusserten. Klebs hielt anfänglich die Höhe der Grenzconcentration von der wasserentziehenden Wirkung der Salze abhängig. Da nun aber eine 5,5%ige Zuckerlösung isosmotisch mit einer 1,03%igen Kalisalpeterlösung ist, so musste auch er zur Annahme gelangen, dass es nicht die physikalischen, sondern vielmehr die specifisch chemischen Eigenschaften der Salze sind, welche die Zoosporenbildung wesentlich beeinflussen.

Ein weiteres Beispiel bietet die Zoosporenbildung bei *Hydrodictyon*. Brachte man diese Alge aus einer 0,5%igen Nährlösung in Wasser, so erfolgte lebhafte Zoosporenbildung, die aber bald nachliess und gänzlich aufhörte, sobald man das Wasser wieder durch

0,5% bis 1% Nährlösung ersetzte. Die Sistirung des Processes erfolgte somit bei Beginn der chemischen Wirkung der Salze. Analoge Erscheinungen äusserte auch *Hormidium flaccidum* (Klebs IV, 344). Auch hier konnte noch Zoosporenbildung in einer 1%igen Nährsalzlösung und 10%igen Rohrzuckerlösung erfolgen, während eine 0,2%ige Kalisalpeterlösung bereits völlig den Process verhinderte.

Aus angeführten Beispielen lässt sich demnach bei der Zoosporenbildung dieselbe hemmende Wirkung der Salze auf Grund ihrer specifisch chemischen Eigenschaften erkennen, welche sich auch bei *Chlamydomonas tingens* äusserte.

Chemotactische Untersuchungen.

1. Chlamydomonas tingens.

Pfeffer gelang es in einer Arbeit über chemotactische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen den Nachweis zu führen, dass gewisse chemische Stoffe auf diese Organismen theils anlockende, theils abstossende Wirkung hervorrufen.

Seine Versuche erstreckten sich ausschliesslich auf Bacterien, Flagellaten und Volvocineen, also auf solche Organismen, welchen während ihrer ganzen Lebensdauer freie Beweglichkeit gegeben ist. Unter diesen Organismen wieder bildeten die farblosen, nicht chlorophyllhaltigen Individuen das Hauptmaterial seiner Versuche. Die Resultate seiner Untersuchungen brachten mich der Frage näher, ob auch für chlorophyllhaltige und nur während kurzer Zeit ihrer Existenz bewegliche Organismen eine derartige Chemotaxis bestehe.

Die schwärmenden Zellen von *Chlamydomonas tingens*, derer ich ja zu jeglicher Zeit habhaft werden konnte, bildeten zunächst mein Untersuchungsmaterial.

In der Untersuchungsmethode schloss ich mich der von Pfeffer angewandten an, nur Weniges für meine Zwecke abändernd. Als Beobachtungsmaterial benutzte ich Schwärmer, welche von aus Lehm oder in 1% Knop-Nährlösung gezüchteten Zellen stammten. Verwandte ich ersteren zur Schwärmergewinnung, so wurde nur die oberste Schicht des dicken grünen Ueberzuges der Lehmmasse benutzt und sorgfältig darauf geachtet, dass keine Erdpartikelchen in den Wassertropfen mitgeführt wurden. Gelangten jedoch Zellen aus 1% Nährlösung zur Verwendung, so wurden dieselben erst gründlich unter Zuhülfenahme der Centrifuge mit destillirtem Wasser von der noch anhaftenden Nährlösung befreit. Hierdurch bezweckte ich, dass der zur Schwärmererzeugung dienende Tropfen destillirten Wassers fast völlig von Nährsalzen frei war und somit auch die Wirkung von nieder concentrirten Salzlösungen beobachtet werden konnte.

Um störende Lichtreize fern zu halten, wurden die Versuche im Dunkelzimmer ausgeführt und nur zwecks Controlle zeitweilig beleuchtet.

Zunächst machte ich einige Tastversuche mit zusammengesetzten Nährlösungen, welche mir bald zeigten, dass auch für die Schwärmer von *Chlamydomonas tingens* eine Chemotaxis bestehe. Natürlich war es bei der autotrophen Lebensweise dieses Organismus zunächstliegend, mit der eigens zu ihrer Cultur verwandten Nährlösung zu beginnen.

In einer Concentration von 0,5 % übte dieselbe eine vorzügliche positive Reizwirkung auf die Schwärmer aus. Das gleiche zeigte eine 1%ige Fleischextractlösung. Das Bild, das sich dem Beobachter bot, war folgendes: Solange der Tropfen, welcher die Schwärmer ent-

hielt, verdunkelt war, schwimmen jene gleichmässig vertheilt in demselben umher. Schob man nun die mit der Untersuchungsflüssigkeit gefüllte Capillare hinzu, so trat nach kürzester Zeit eine lebhafte Bewegung der Schwärmer nach der Capillarmündung hin ein. Die Schwärmer drangen alsdann in die Capillare ein und zwar oft in solch grosser Menge, dass sie die Mündung derselben bald gänzlich verstopften und ein ferneres Eindringen verhinderten. Die weitere Ansammlung erfolgte deshalb vor der Capillaröffnung und erstreckte sich über die ganze Diffusionszone.

Zu beachten war aber, dass die Schwärmer sehr bald ihre Beweglichkeit verloren und liegen blieben.

Auf Grund dieses Umstandes war nun der Beweis zu erbringen, ob es sich hier auch wirklich um eine chemotactische Reizwirkung handle, oder ob dieses Bild nicht etwa durch eine von der Untersuchungsflüssigkeit herrührende Lähmung und Erstarrung der Schwärmer, oder irgend eine mechanische, durch das Ausfliessen der concentrirten Untersuchungsflüssigkeit bedingten Strömung zur Capillaröffnung hin hervorgerufen werde.

Dies zu entscheiden wurde mir ermöglicht, als es mir gelang, auch Einzelstoffe aufzufinden, die chemotactische Reizwirkungen auf diese Schwärmer auszuüben im Stande waren. So zeigte z. B. Calciumnitrat eine vorzügliche anziehende Reizwirkung, während sich Magnesiumsulfat völlig reizlos und indifferent den Schwärmern gegenüber erwies.

Dass nun im ersteren Falle eine eigentliche chemotactische Wirkung vorlag, liess sich schon aus dem lebhaften Hinzuströmen und aus der ungeheuren Ansammlung der Schwärmer in und vor der Capillare schliessen, was sich oftmals soweit steigern konnte, dass fast sämmtliche im Tropfen umherschwimmende Schwärmer schliesslich in dichtem Haufen um die Capillarmündung lagen. Wäre eine Tödtung oder Lähmung durch die Untersuchungsflüssigkeit allein die Ursache jener Ansammlung gewesen, so müsste auch eine zu gleichem Versuche mit Sublimatlösung gefüllte Capillare dasselbe Bild ergeben haben. Dies war aber absolut nicht der Fall, wohl wurden die Schwärmer, sobald sie in die Nähe der Mündung der Capillare oder in die Diffusionszone gelangten, getödtet und blieben liegen, aber ein Bild obigen Charakters mit einer dichten Ansammlung in und vor der Capillare wurde niemals hervorgerufen. Am deutlichsten aber zeugte der Umstand für das Bestehen einer chemotactischen Reizwirkung, dass bei Hinzugabe zweier gleich grossen Capillaren in den Tropfen, von denen die eine mit Calciumnitrat, die andere mit Magnesiumsulfatlösung von derselben Concentration beschickt war, erstere Capillare alsbald die lebhafteste Ansammlung aufwies, während hingegen die mit Magnesiumsulfat gefüllte völlig gemieden wurde.

Es wäre endlich noch der Einwurf berechtigt gewesen, dass diese Anhäufung durch Wasserströmungen hervorgebracht wurde, welche bei weiteren Capillaren durch das Ausfliessen der specifisch schwereren Flüssigkeit nicht ganz vermieden werden könne; dass aber auch dieses hier nicht zutraf, dafür bürgte schon die Grösse und die Bewegungskraft der zur Untersuchung gelangten Organismen.

Ferner strebten alle Organismen in ihrer natürlichen Schwimmlage, mit nach vorn gerichteten Cilien, zur Capillare hin, und wurden nicht etwa durch die überwiegende Kraft der Strömung in willkürlicher Lage zur Mündung hin mitgerissen.

Ebenso wurde, um ein starkes mechanisches Hervortreiben oder Einsaugen von Flüssigkeit in die Capillare zu verhüten, welche Erscheinung bei grösseren Temperaturendifferenzen der beiden Flüssigkeiten eintreten konnte, darauf geachtet, dass die Temperatur der Aussenflüssigkeit mit der der Capillarflüssigkeit ungefähr übereinstimmte.

Unter Berücksichtigung dieser Factoren führte ich meine weiteren Versuche aus. Zur Einwirkung gelangten sowohl Lösungen von bekannter Zusammensetzung, wie auch solche,

deren einzelne Bestandtheile ich nicht genau kannte; organische wie anorganische wurden in gleicher Weise geprüft. Alle diese Stoffe versuchte ich wieder in verschiedenen Concentrationen, um einigen Aufschluss über die Reizschwelle der betreffenden chemischen Stoffe zu erhalten.

Auf Grund der so unternommenen Versuche mit verschiedenen Concentrationen liess sich leicht beobachten dass mit einer Steigerung der Concentration über einen gewissen Grad hinaus auch die Anziehung eines sonst vorzüglich anlockenden Stoffes nachliess, ja selbst bei weiterer Steigerung abstossend wirken konnte.

In nachstehender Tabelle IV sind alle zur Untersuchung gelangten Körper angeführt. Gleichzeitig sind diejenigen Concentrationen angegeben, in welchen sie zur Anwendung gelangten. Die Bezeichnungen »sehr gute«, »gute«, »mässige« und »keine« beziehen sich auf die jeweilig bewirkte chemotactische Anziehung bezw. Abstossung.

Als »sehr gut« bezeichnete ich die Reizwirkung des betreffenden Körpers, sobald derselbe fähig war, eine Ansammlung fast aller im Tropfen umherschwimmenden Schwärmer in der Capillare selbst und vor derselben, in der Diffusionszone, zu bewirken. Etwas geringere Ansammlungen wurden mit dem Prädikat »gut« oder »mässig« belegt. »Schwach« nannte ich endlich eine Anziehung dann, wenn sich die Individuen nur innerhalb der Capillare und in weniger dichter Masse ansammelten. Immerhin ist aber auch hier noch eine deutliche Wirkung des Stoffes stets zu beobachten gewesen.

Tabelle IV.

Stoff	Procent	Einwirkung	Zeit (Minuten)
Nährlösung von Knop	1,0	mässige	30
» » »	0,5	sehr gute	15
» » »	0,25	»	15
Kaliumnitrat	0,6	sehr gute	10
»	0,3	»	10
»	0,15	schwache	30
»	0,075	keine	
Magnesiumsulfat	1,0	keine	1 Stunde
»	0,5	»	»
»	0,3	»	»
»	0,075	»	»
Kaliumnitrat	0,6	sehr gute	10
»	0,3	»	10
»	0,15	»	10
»	0,075	mässige	1 Stunde
Monokaliumphosphat	0,6	gute	30
»	0,3	schwache	30
»	0,15	keine	1 Stunde
»	0,075	»	»
Salpetersäure	1,0	abstossend	10
Spec. Gew. 1,30 =	0,5	mässige	30
47,49% HNO_3	0,3	»	30
»	0,1	gute	15
»	0,05	sehr gute	5
»	0,025	»	5
»	0,0125	gute	20
»	0,006	mässige	30
»	0,001	?	30

Stoff	Procent	Einwirkung	Zeit (Minuten)
Salzsäure	0,1	keine	30
»	0,05	»	30
»	0,025	»	30
Schwefelsäure	0,1	keine	30
»	0,05	»	30
»	0,025	»	30
»	0,01	»	30
Kalilauge	0,1	keine	30
»	0,05	»	30
»	0,025	»	30
Natronlauge	0,1	keine	30
»	0,05	»	30
»	0,025	»	30
Ammoniumnitrat	1,0	sehr gute	15
»	0,6	gute	30
»	0,3	schwache	30
Natriumnitrat	0,6	sehr gute	15
»	0,3	»	15
»	0,15	»	15
»	0,075	gute	30
Kohlensäure in Wasser gelöst	gesättigt	sehr gute	15
Mit Sauerstoff gesättigtes Wasser	gesättigt	keine?	—
Ammoniak	0,1	sehr starke Abstossung	
Spec. Gew. 0,931 =	0,25	starke »	
18,08% NH_3	0,05	deutliche »	
»	0,025	schwache »	
»	0,01	keine »	
Ammoniumsulfat	1,0	keine	30
»	0,6	»	30
»	0,3	»	30
Eisensulfat	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,05	»	40
Zinksulfat	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,05	»	40
Nickelsulfat	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,05	»	40
Eisenchlorid	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,5	»	40

Stoff	Procent	Einwirkung	Zeit (Minuten)
Kobaltsulfat	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,05	»	40
Mangansulfat	0,5	keine	40
»	0,25	»	40
»	0,1	»	40
»	0,05	»	40
Rohrzucker	10,0	keine	30
»	5,0	»	30
»	1,0	»	30
Glycerin	8,0	keine	30
»	4,0	»	30
»	0,8	»	30
Traubenzucker	10,0	keine	30
»	5,0	»	30
»	1,0	»	30
Asparagin	5,0	keine	30
»	2,0	»	30
»	1,0	»	30
Pepton	2,0	keine	30
»	1,0	»	30
»	0,5	»	30
Fleischextract	2,0	sehr gute	15
»	1,0	»	15
»	0,5	gute	15
»	0,3	»	15
»	0,2	mässige	15

Wie aus angeführter Tabelle ersichtlich, liess ich zuerst die zur Cultur des Organismus stets benutzte Knop-Nährlösung zur Einwirkung gelangen. In 0,5 und 0,25% iger Concentration übte diese eine sehr gute Reizwirkung auf die Schwärmer aus, während sich die 1%ige Lösung schon als zu hoch concentrirt erwies, und dadurch die bewirkte Ansammlung etwas beeinträchtigte. Da aber die Knop'sche Nährlösung die verschiedensten Stoffe in Wasser gelöst enthält, so war es erforderlich, diese Salze einzeln auf ihre Reizwirkung zu untersuchen.

So stellte sich durch Versuche heraus, dass die beiden salpetersauren, neutralen Salze, der Kalisalpeter und das Calciumnitrat, im Stande waren, vorzügliche Reizwirkung auszuüben. Etwas geringere Anlockung bewirkte das saure primäre phosphorsaure Kalium. Gänzlich indifferent und reizlos erwies sich aber das Magnesiumsulfat. Der Umstand nun, dass die beiden salpetersauren Salze in übereinstimmender Weise vorzügliche Reizwirkung hervorriefen, liess darauf schliessen, dass die reizende Wirkung wahrscheinlich ihrem Gehalte an Salpetersäure zuzuschreiben sei. Infolgedessen führte ich die nächsten Versuche direct mit dieser Säure selbst aus. Die Annahme bestätigte sich. Bei Lösungen von 0,5% Gehalt an machte sich schon deutlich eine anziehende Wirkung bemerkbar, welche bei Concentrationen von 0,5 und 0,25% ihr Optimum erreichte. Die weitere Frage war nun die, ob diese Wirkung als eine specifisch inviduelle der Salpetersäure anzusehen sei, oder ob über-

haupt der saure Charakter jeder beliebigen Säure sie alle hierzu befähigt. Parallelversuche mit anderen Säuren gaben hierüber Aufklärung. Es zeigte sich, dass von den zur Untersuchung gelangten mineralischen Säuren: Phosphorsäure, Salzsäure und Schwefelsäure, nur die erstere noch anziehend zu wirken vermochte; aber auch in etwas geringerem Maasse als die Salpetersäure. Da sich nun weiter ergeben hatte, dass entsprechend dem sauren, primären phosphorsauren Kali auch die freie Phosphorsäure eine positive chemotactische Reizwirkung hervorbrachte, so ist somit anzunehmen, dass es sich hierbei jeweils um eine specifisch individuelle Wirkung der Salpetersäure bezw. Phosphorsäure handelt und nicht etwa um eine durch den allgemeinen Säurecharakter bedingte Anziehung.

Die folgenden Untersuchungen mit salpetersauren Salzen zeigten dieselben günstigen Resultate in Bezug auf den Wirkungswerth der Salpetersäure und bildeten somit einen neuen Beweis für ihre Reizwirkung. — Alkalilaugen liessen keine Anziehung auf die Schwärmer erkennen.

Von Interesse war es auch, die Wirkung der zum Lebensprocesse und Assimilationsthätigkeit so wichtigen Kohlensäure und Sauerstoffs zu prüfen.

Gleich den anderen zur Untersuchung gelangten Körpern wurden auch diese Stoffe im Wasser gelöst und in möglichst concentrirter Form den Schwärmern in der Capillare dargeboten. Allerdings verlor die bei niedriger Temperatur hergestellte, anfänglich gesättigte Kohlensäurelösung beim Füllen der Capillaren unter der Luftpumpe etwas von ihrem Kohlensäuregehalte. Die zurückgebliebene Kohlensäure war jedoch immerhin hinreichend genug, um eine gute positive, chemotactische Reizwirkung hervorzubringen. Ein anderes Resultat zeitigte der entsprechende Versuch mit Sauerstoff. Hierbei erfolgte keine deutliche Wirkung. Ich neige jedoch zu der Ansicht, dass man diese Erscheinung nicht etwa ohne Weiteres der Reizlosigkeit des Säurestoffes zuschreiben darf, sondern eher dem geringen Gehalte der Untersuchungsflüssigkeit an Sauerstoff, der durch den niederen Lösungscoefficienten des Sauerstoffes bedingt wird.

Als ein Stoff, der in höherer Concentration stets abstossend, in niedriger indifferent auf die Schwärmer sich erwies, fand ich eine Ammoniakflüssigkeit vom specifischen Gewicht 0,931. In ersterem Falle hatten wir hier sehr schön das umgekehrte Bild einer positiven chemotactischen Anziehung vor uns. Während dort die Schwärmer sich um die Capillaröffnung drängten und sich in der Diffusionszone ansammelten, wichen sie hier in dem Maasse zurück, als die Diffusion der Ammoniakflüssigkeit aus der Capillare fortschreitet, sodass die mit Ammoniak gemengten Partien des Untersuchungstropfens um die Capillarmündung völlig frei von Individuen sind. Die Salze der Schwermetalle, die ich in der verschiedensten Form prüfte, zeigten sich für die Schwärmer völlig reizlos; selbst Eisensalze blieben merkwürdiger Weise ohne Einwirkung.

Von organischen Körpern schliesslich versuchte ich Rohrzucker, Traubenzucker, Asparagin, Glycerin und Pepton.

Sie alle erwiesen sich auch in höheren Concentrationen indifferent. Nur Fleischextract machte eine Ausnahme, doch kann man die Wirkung desselben nur auf dessen reichlichen Gehalt an den verschiedensten anorganischen Salzen zurückführen, da ja der Hauptbestandtheil desselben, das Pepton, sich als indifferent erwies. Dass es sich aber bei den erstgenannten organischen Substanzen thatsächlich um eine Indifferenz der Stoffe handelte und die Reactionslosigkeit nicht etwa schlechtem Untersuchungsmaterial zugeschrieben werden durfte, liess sich daran erkennen, dass bei Zugabe einer zweiten, mit gutwirkendem Stoffe beschickten Capillare um diese sofort eine vorzügliche Ansammlung stattfand.

Wie schon aus einem früheren Kapitel zu ersehen ist, zeigen die Schwärmer grosse

Empfindlichkeit für Lichtreize, infolgedessen ich auch genöthigt wurde, die chemotactischen Versuche im Dunkelzimmer auszuführen. Es war daher interessant, einen Vergleich des chemotactischen Reizes mit dem Lichtreize bezüglich ihres Reizwerthes anzustellen; dahin waren nun meine nächsten Versuche gerichtet. Ich führte dieselben mit vorzüglich positiv chemotactisch wirkenden Stoffen in verschiedenfarbigem Lichte aus. Es ergab sich hierbei, dass für die Schwärmer von *Chlamydomonas tingens* der Lichtreiz der weitaus grössere ist und dass dieser die Individuen trotz Vorhandensein des anlockenden Stoffes an die Stelle des Tropfens führte, welche für sie die günstigste Lichtintensität aufwies.

Nachfolgende Tabelle V bringt dieses zum Ausdruck.

Tabelle V.

Versuch	Stoff	Lichtverhältnisse				Zeit
		dunkel	roth	hell	blau	Minuten
1	Knop Nährlösung 0,5%	sehr gute	gute	keine	keine	30
2	» » 0,5%	»	»	»	»	30
3	Salpetersäure 0,05%	gut	gut	»	schwache	30
4	» 0,05%	sehr gut	sehr gut	»	»	30

Es liesse sich somit auf Grund dieser Untersuchungen und Beobachtungen hin das Verhalten der Schwärmer chemotactischen Reizen gegenüber dahin zusammenfassen:

Körper verschiedener Natur vermögen auf die Schwärmzellen von *Chlamydomonas tinges* chemotactische Reize auszuüben, welche sich entweder in Anlockung, Abstossung oder Indifferenz äussern können.

Von anorganischen Stoffen zeigten Salpetersäure und deren Alkalimetallsalze die grösste positive Reizwirkung, etwas hintenan an Wirkung steht die Phosphorsäure mit ihren Phosphaten. Kohlensäure wirkt ebenso als sehr gutes Reizmittel.

Die zur Untersuchung gelangten organischen Stoffe haben keine Reizwirkung geäussert. Mit Steigerung der Concentration des Untersuchungsstoffes über einen gewissen Grad hinaus kann eine anfängliche Anlockung in repulsive Wirkung (negative chemotactische Wirkung) übergehen.

Die positiven chemotactischen Reizwirkungen der anorganischen Stoffe und das indifferente Verhalten der organischen Stoffe auf *Chlamydomonas*-Schwärmzellen stehen mit dessen autotropher Culturweise in Uebereinstimmung.

Die Lichtreize wirken auf die Schwärmer stärker als die chemotactischen.

Die Schwärmzeit wird durch das Vorhandensein guter Ernährungsmittel verkürzt; die Schwärmzellen geben früher ihre Beweglichkeit (auch im Dunkeln) auf und kommen zur Ruhe.

In der positiven chemotactischen Reizbarkeit ist schliesslich für die *Chlamydomonas*-Schwärmzellen ein günstiges Mittel zu erblicken, sie guten Nährstoffen zuzuführen.

2. Euglena gracilis Klebs.

Als weiteres Object zu meinen chemotactischen Untersuchungen verwandte ich *Euglena gracilis* Klebs.

Das Material verdankte ich in bacterienfreier Form dem leider so früh verstorbenen Herrn Dr. Zumstein.

Diese Flagellate bot nach verschiedener Richtung hin ein besonderes Interesse. So einmal als Euglenide selbst, welche sich nach den bisherigen Angaben und Untersuchungen von Pfeffer (I, S. 597) als wenig gute Untersuchungsobjecte (z. B. *Euglena hyalina* Klebs) erwiesen oder auch gar keine Chemotaxis wie *Euglena viridis* Ehrbg. geäussert haben sollen. In der lebhaft beweglichen *Euglena gracilis* aber fand ich eine Flagellate, welche sowohl in ihrer grünen wie farblosen Form eine grosse Empfindlichkeit für chemische Reize offenbarte. Ferner war durch den Umstand, dass mir dieser Organismus einmal in seiner grünen, chlorophyllhaltigen, andermals in seiner farblosen Form zu Gebote stand, die Möglichkeit eines Vergleiches beider Formen bezüglich ihrer chemotactischen Reactionsfähigkeit und eventuellem verschiedenartigen Verhalten den Untersuchungsstoffen gegenüber geboten. Endlich hatte ich noch im Vergleiche zu *Chlamydomonas tingens* einen Organismus zur Hand, dessen günstigste Ernährungsart laut Zumstein nicht etwa die autotrophe, sondern die heterotrophe oder mixotrophe war.

Die Untersuchungsmethode war analog der bei *Chlamydomonas* angewandten. Auch hier begann ich zunächst mit der Prüfung derjenigen zusammengesetzten Nährlösungen, welche nach Zumstein als sehr gute Ernährungsquellen bezeichnet wurden (Zumstein I, S. 39).

Diese gleichsam analysirend, prüfte ich alsdann die einzelnen Bestandtheile derselben, deren jeweiliges Verhalten mich auf weitere zu vergleichende Stoffe hinwiesen. In nachstehender Tabelle VI finden sich die zur Untersuchung gelangten Stoffe und die Concentration, in welcher sie zur Verwendung kamen, angeführt.

Tabelle VI.

Euglena gracilis.

Stoff	Procent	Euglena		Zeit (Minuten)
		grün	farblos	
Organische Nährlösung I.	1,95	sehr gute	sehr gute	10
Pepton 0,5				
Traubenzucker 0,5				
Citronensäure 0,2				
Magnesiumsulfat 0,02				
Monokaliumphosphat 0,05				
Wasser 100,00				
Organische Nährlösung II.	5,2	sehr gute	sehr gute	10
Pepton 1,0				
Traubenzucker 0,4				
Citronensäure 0,4				
Magnesiumsulfat 0,02				
Monokaliumphosphat 0,05				
Ammoniumnitrat 0,05				
Wasser 98,00				
Pepton	2	gute	gute	10
»	1	»	»	10
»	0,5	»	»	10
»	0,05	mässige	mässige	10
Traubenzucker	10	keine	keine	30
»	4	»	»	30

Stoff	Procent	Euglena		Zeit (Minuten)
		grün	farblos	
Asparagin	2	schwache?	keine	30
»	1	schwache	schwache	15
»	0,5	?	?	30
Glycerin	10	keine	keine	30
»	5	»	»	30
»	2,5	»	»	30
Fleischextract (mit Ammoniak neutralisirt)	2	gute	sehr gute	10
»	1	»	»	10
»	0,5	mässige	gute	10
»	0,1	schwache?	schwache	30
Citronensäure	0,4	gute	sehr gute	10
»	0,2	»	gute	15
»	0,1	schwache	»	30
»	0,05	?	schwache	30
Milchsäure	1,0	sehr gute	sehr gute	10
»	0,5	»	»	10
»	0,25	gute	gute	10
»	0,1	»	»	10
»	0,05	schwache?	»	30
»	0,025	?	schwache	30
Aepfelsäure	0,4	keine	keine	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30
Essigsäure	0,4	keine	keine	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30
Buttersäure	0,4	keine	?	30
»	0,2	?	?	30
»	0,1	keine	keine	30
Salpetersäure 47,49% HNO_3	0,5	keine	keine	30
»	0,2	?	»	30
»	0,1	keine	?	30
»	0,05	»	keine	30
»	0,025	»	»	30
»	0,012	»	»	30
Phosphorsäure	0,4	schwache	mässige	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30
Nährlösung, anorg. nach Knop	0,5	schwache	schwache?	30
»	0,25	keine	keine	30
»	0,12	»	»	30
Monokaliumphosphat	0,6	schwache	schwache?	30
»	0,30	schwache?	»	30
»	0,15	keine	keine	30
Magnesiumsulfat	0,4	keine	keine	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30

Stoff	Procent	Euglena		Zeit (Minuten)
		grün	farblos	
Kaliumnitrat	0,6	keine	keine	30
»	0,3	»	»	30
»	0,15	»	»	30
Ammoniumnitrat	0,4	keine	keine	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30
»	0,05	»	»	30
Ammoniumchlorid	0,5	keine	keine	30
»	0,2	»	»	30
»	0,1	»	»	30
Kohlensäure in Wasser gelöst		gute	schwache	10
Sauerstoff in Wasser gelöst		schwache?	schwache?	10
Alcohol	2,5	keine	keine	
»	5	»	»	
»	10	»	»	
»	20	schwache	deutliche	
»	40	deutliche	» } Abstossung	
»	70	starke	starke	
Ammoniak, spec. Gew. 0,931 % $NH_3 = 18{,}03$	1	sehr starke	sehr starke	
	0,5	»	»	
	0,25	starke	starke } Abstossung	
	0,05	deutliche	deutliche	
	0,025	schwache	schwache	
Eisensulfat	0,5	gute	gute	15
»	0,25	»	sehr gute	15
»	0,1	»	gute	15
»	0,05	schwache	»	15
»	0,025	?	mässige	30
Eisenchlorid	0,5	gute	gute	15
»	0,25	»	sehr gute	15
»	0,1	mässige	gute	15
»	0,05	?	schwache	30
Kaliumferrocyanid	0,5	keine } etwas	keine	30
»	0,25	» } abstossend	»	30
»	0,1	»	»	30
Kaliumferricyanid	0,5	abstossend	abstossend	30
»	0,25	»	»	30
»	0,1	»	»	30
Kupfersulfat	0,5	abstossend	abstossend	30
»	0,25	schwach »	»	30
»	0,1	» »	»	30
»	0,05	abstossend?	»	30
Kobaltsulfat	0,5	keine	keine	30
»	0,25	»	»	30
»	0,1	»	»	30
»	0,05	»	»	30

Stoff	Procent	Euglena		Zeit (Minuten)
		grün	farblos	
Nickelsulfat	0,5	keine	keine	30
»	0,25	»	»	30
»	0,1	»	»	30
»	0,05	»	»	30
Mangansulfat	0,5	keine	keine	30
»	0,25	»	»	30
»	0,1	»	»	30
»	0,05	»	»	30
Zinksulfat	0,5	keine	keine	30
»	0,25	»	»	30
»	0,1	»	»	30
»	0,05	»	»	30

Ein kurzer Ueberblick der Tabelle zeigt bereits, dass eine Verschiedenheit im Verhalten der grünen und farblosen Form im Hinblick auf die Untersuchungsstoffe kaum zu constatiren war. Das Einzige, was ich in dieser Hinsicht auf Grund meiner vergleichenden Untersuchungen zu beobachten vermochte, war das, dass sich die farblose Form im Allgemeinen etwas reactionsfähiger wie die grüne zeigte, und solches durch ihre deutlichere Reaction auch niederen Concentrationen gegenüber kund that. Eine getrennte Besprechung beider Formen ist daher unnütz und beziehen sich nachstehende Angaben jeweils auf beide Variationen.

Ich wende mich nun zur Beurtheilung der zur Untersuchung gelangten Stoffe bezüglich ihres Reizwerthes.

Beide zur Einwirkung gebotenen organischen Nährlösungen erwiesen sich in den Concentrationen, in welchen sie zur Cultur der Flagellate benutzt wurden, als sehr gute positive Reizmittel. Diese gute Wirkung derselben ist nach den folgenden Untersuchungen vorzüglich ihrem Gehalte an Pepton zuzuschreiben, da alle anderen in ihr enthaltenen Bestandtheile, mit Ausnahme von Citronensäure, keine nennenswerthe chemotactische Reizwirkung auf die Organismen hervorzubringen vermochten. Pepton allein erwies sich als sehr gutes Anziehungsmittel.

Gegen die Kohlenstoffverbindungen, Traubenzucker und Glycerin hingegen verhielten sich die Individuen indifferent. Eine wenig höhere Reizwirkung, aber auch nur eine schwache, vermochte Asparagin hervorzubringen.

In Fleischextractlösungen aber fand sich ein Anlockungsmittel bester Art für die Euglenen; gleichviel ob die Lösungen vorher mittelst Ammoniak neutralisirt, oder ob sie den Organismen ohne diese Vorbehandlung dargeboten wurden. Diese anlockende Wirkung ist hier sowohl wieder dem reichlichen Gehalte an Pepton als auch dem Gehalte an freier Milchsäure zuzuschreiben.

Von organischen Säuren zeigte Citronensäure sehr gute anlockende Wirkung. Der Grund dieser anziehenden Wirkung ist in diesem Falle wohl nicht in ihrem allgemeinen Säurecharakter, vielmehr in ihrem specifischen Nährwerthe als Kohlenstoffverbindung zu suchen. Für dieses zeugt einmal die Thatsache, dass andere organische Säuren der aliphatischen Reihe, wie Essig-, Aepfel- und Buttersäure, keine positive chemotactische Reizwirkung hervorzubringen vermochten, und andermals auch wieder die Thatsache, dass nach Zumstein's Angaben die Citronensäure als directes Ernährungsmittel für die Euglenen anzusehen

ist. Milchsäure verhielt sich bezüglich ihres Reizwerthes ähnlich der Citronensäure, sie bewirkt eine sehr gute Anziehung und verursacht im Vereine mit Pepton den hohen Reizwerth des Fleischextractes.

Die im Anschluss an die organischen Säuren zur Prüfung gelangten unorganischen zeigten, mit Ausnahme von Phosphorsäure, keine anlockende Wirkung; aber auch Phosphorsäure erwies sich nur in geringem Maasse als Anlockungsmittel für die Euglenen. Knop's anorganische Nährlösung verrieth eine nur schwache Anlockungskraft auf die mixotroph gezüchteten Euglenen. Von ihren einzelnen Bestandtheilen theilte nur Monokaliumphosphat mit ihr diese Eigenschaft, alle übrigen erwiesen sich als indifferent dem Untersuchungsobjecte gegenüber. Kohlensäure vermochte auf die grüne, chlorophyllhaltige Form etwas mehr anziehend einzuwirken als auf die farblose, doch zeigte sich letztere noch nicht ganz reactionslos.

Sauerstoff brachte nur geringe Anziehung hervor, was wohl, wie ich bereits bei *Chlamydomonas tingens* erwähnt habe, auf die geringe Lösungsfähigkeit des Sauerstoffes in Wasser zurückzuführen ist.

Als repulsiv wirkende Körper zeigten sich stets Alcohol und Ammoniak; beide Stoffe werden von den Individuen auch noch in geringer Concentration geflohen.

Eisensalze hingegen vermochten eine recht gute anlockende Reizwirkung zu zeitigen. Sowohl bei Oxyd- wie auch Oxydulsalzen äusserte sich dieselbe. In ihren complexen Salzverbindungen mit Cyan jedoch kommt diese anziehende Eigenschaft nicht mehr zum Ausdruck, sie geht in eine repulsive über. Ebenfalls repulsive Wirkung zeigte von den noch zur Untersuchung gelangten Schwermetallsalzen das Kupfersulfat, die übrigen erwiesen sich reizlos.

Zum Schlusse dieses Kapitels möchte ich nun nochmals hervorheben, wie sehr auch hier die Art der Ernährung der Organismen in ihrem chemotactischen Verhalten zum Ausdruck gelangt. Während die autotroph gezüchtete *Chlamydomonas* die für sie am wirksamsten positiv reizfähigen Stoffe sämmtlich in der Reihe der anorganischen Salze aufzufinden wusste, sucht sie die mixotrophe *Euglena* in Form organischer Körper auf. Jene besitzt ihre günstigste Stickstoffquelle in der Salpetersäure und ihren Nitraten, diese in Pepton, und beides spiegelt sich wider in der günstigen Reizwirkung der betreffenden Stoffe in chemotactischer Beziehung. *Euglena* erwies sich Nitraten gegenüber reactionslos, *Chlamydomonas* umgekehrt Pepton gegenüber. Citronensäure, welche nach Zumstein's Angaben als gute Kohlenstoffquelle für *Euglena* anzusehen ist, äussert solches wieder in ihrem positiven Reizwerthe für die Flagellate. Als Organismen, welche beide die Kohlensäure der Luft zu assimiliren vermögen, zeigen sie sich auch ihr gegenüber in chemotactischer Hinsicht reactionsfähig. Es ist somit unverkennbar, dass diesen niederen Organismen in ihrer Empfindlichkeit gegen chemische Reize für ihre Ernährung ein werthvolles Mittel zu Gebote steht, zufolge dessen sie befähigt werden, die Orte günstigster Nährungsstoffe aufzufinden, andere dagegen zu meiden.

Im Anschlusse an diese Untersuchungen möchte ich noch kurz auf eine gewisse gegenseitige Beziehung hinweisen, welche allem Anscheine nach zwischen chemotactischer Reizwirkung und Schwärmzellenbildung besteht. Dieselbe äussert sich darin, dass alle chemotactisch anlockend wirkenden Stoffe der Schwärmzellenbildung hemmend entgegentreten, während umgekehrt die indifferenten Stoffe jenen Process nur wenig beeinflussen. Soweit eine Beurtheilung nach den bisherigen Untersuchungen in dieser Hinsicht möglich ist, sprechen die Versuche für jene Beziehungen. So zeigten sich namentlich Salpetersäure und ihre Salze als vorzüglich positiv chemotactisch wirkende Stoffe für die *Chlamydomonas*-

Schwärmzellen. Dieselben Stoffe waren es aber auch wieder, welche *der* Schwärmzellenbildung am schärfsten entgegenwirkten; ihre niederen Grenzconcentrationen zeugten hierfür. Von anderen anorganischen Stoffen erwies sich noch Monokaliumphosphat als positiv chemotactisch wirkendes Salz, aber auch dieses äusserte wieder eine im Vergleich zu anderen Salzen erhöhte hemmende Wirkung auf den Process der Schwärmzellenbildung. Magnesiumsulfat, Ammoniumsulfat, welche chemotactisch unwirksam sind, zeigen dementsprechend auch höhere Grenzconcentrationen. Noch deutlicher lassen sich diese Beziehungen bei organischen Stoffen wie Rohrzucker, Glycerin, Asparagin und Harnstoff erkennen. Ihre Grenzconcentrationen liegen um das doppelte bis mehrfache höher als die der Nitrate. Letztere erzeugen vorzügliche chemotactische Anziehung und grosse Hemmungsfähigkeit der Schwärmzellenbildung gegenüber, diese keine chemotactische Wirkung und nur geringen Hemmungswerth.

Ebenso übereinstimmend mit diesen Thatsachen erscheint die Beobachtung, dass die schwärmenden Individuen durch positiv chemotactisch wirkende Stoffe selbst im Dunkeln sehr bald ihre Beweglichkeit aufgeben und früher in ruhenden Zustand übergehen. Ich hoffe späterhin noch durch weitere Versuche diese gegenseitigen Beziehungen nachweisen zu können.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Litteraturnachweis.

1. Artari, A., I. Ueber die Entwickelung der grünen Algen unter Abschluss der Bedingungen der Kohlensäureassimilation. Bulletin des Natur. de Moskau. 1899. Nr. 1.
2. Braun, A., I. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.
   II. Algarum unicellularium genera nova et minuscognita. Leipzig 1855.
3. Cienkowsky, L., I. Ueber einige chlorophyllhaltige Gloeocapseen. Botan. Ztg. 1865. S. 21.
4. Dill, O., I. Die Gattung *Chlamydomonas*. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 1895. **28.**
5. De Toni, G. B., I. Sylloge Algarum. I. Bd. II. Hälfte. 1889.
6. Francé, R., I. Zur Systematik einiger Chlamydomonaden. Természetrajzi Füzetek. 1892. **15.** p. 278.
7. Famintzin, A., I. Die anorganischen Salze als Hülfsmittel zum Studium niederer chlorophyllhaltiger Organismen. Mélanges Biol. St. Pétersbourg. 1871. **8.**
8. Fischer, B., I. Zeitschr. für Hygiene. **13.** S. 272.
9. Goroschankin, I. Beiträge zur Kenntniss der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden.
   II. *Chlamydomonas Braunii*. Moskau 1890.
   III. *Chlamydomonas Reinhardii* und seine Verwandten. Moskau 1891.
10. Jost, L., I. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 1903. S. 108.
11. Kirchner, O., I. Kryptogamenflora von Schlesien. Breslau 1878.
12. Klebs, G., I. Ueber Bildung der Fortpflanzungszellen bei *Hydrodictyon utriculatum* Roth. Bot. Ztg. 1891.
    II. Einfluss des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. Sonderabdr. a. Biol. Centralbl. 1893. **15.** Nr. 21/22.
    III. Willkürliche Entwickelungsänderungen bei Pflanzen. Halle 1803.
    IV. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.
13. Kobert, I. Lehrbuch der Intoxikationen. 1893.
14. Loew, I. Natürliches System der Giftwirkungen. S. 115.
15. Nägeli, I. Gattung einzelliger Algen. Zürich 1847.
16. Oltmanns, Fr., I. Ueber positiven und negativen Heliotropismus. Flora. 1897. **83.** S. 1.
17. Pfeffer, W., I. Ueber chemotactische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen. Untersuchungen aus dem Tübg. Institut. Bd. II.
    II. Pflanzenphysiologie. Bd. I. 1897.
18. Rabenhorst, J., I. Flora europaea. Algarum aquae dulcis et submarinae. I—III. Lipsiae 1864—68.
19. Schmitz, Fr., Chromatophoren der Algen. Bonn 1882.
20. Schmidle, I. Ueber den Bau und die Entwickelung von *Chlamydomonas Rheinii* n. sp. Flora 1893.
21. Strasburger, E., I. Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878.
    II. Grosses Botanisches Praktikum. Jena.
22. Vries, H. de, Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot. 1884.
23. Wille, N., I. Separatafdryk af Nyt Magazin f. Naturvidenskab. 1893. **41.** Häftet 1. p. 131.
24. Wolle, Fr., I. Fresh-Water Algae. Bethlehem 1887.
25. Wunder, I. Landwirthschaftl. Versuchsstat. 1—3. S. 114.
    II. Hoffmann, Agriculturchemie. Jahr. 13—15. S. 131.
26. Zeller, I. Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Stoffe des organischen und unorganischen Reichs auf das Leben der Pflanzen. Flora 1827. **2.** S. 762.
27. Zimmermann, A., I. Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.
28. Zumstein, H., Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis* Klebs. Dissert. Basel 1899.

Figuren-Erklärung.

Sämmtliche Figuren sind bei 1500facher Vergrösserung gezeichnet und in der Tafel etwas verkleinert wiedergegeben.

Fig. 1. Unbewegliche Zellen aus 1%iger Knop'scher Nährlösung.

Fig. 2. Noch von gemeinsamer Mutterhülle umgebene Zellen aus 1%iger Knop'scher Nährlösung.

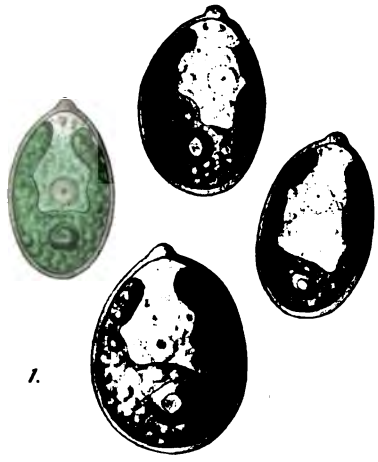
Fig. 3 und 4. Unbewegliche Zellen mit verquollener Membran von Agar-Culturen.

Fig. 5. Bewegliche Schwärmzellen (secundäre) erhalten durch Ueberführung unbeweglicher Zellen (wie in Fig. 1) aus 1%iger Knop'scher Nährlösung in Wasser.

Fig. 6. Bewegliche Schwärmzellen (primäre) in 0,2%iger Knop'scher Nährlösung sich entwickelnd.

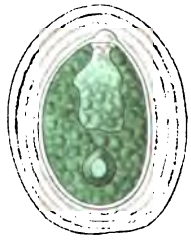
Fig. 7 und 8. Akineten aus einer Cultur auf feuchten Thonplättchen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



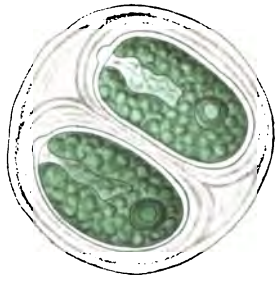
1.

2.

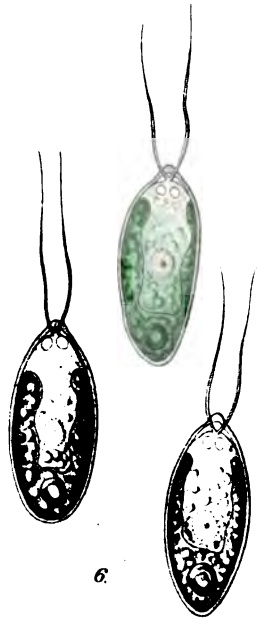


3.

5.



4.



6.

7.

8.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

Return to desk from which borrowed.
This book is DUE on the last date stamped below.

Bancroft Library

OCT 29 1953
JAN 25 1954
MAR 31 1955
JUN 15 1955

LD 21–100m-7,'52(A2528s16)476

U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026279460